

**МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА
ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ
ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ**

ПЕТРУК РОМАН ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 504;632.95:661.169;332.142

**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ФОРМ
ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ
НЕПРИДАТНИХ ПЕСТИЦИДІВ ТА ПЕСТИЦИДВМІСНИХ ВІДХОДІВ**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2020

Дисертація є кваліфікаційною науковою працею на правах рукопису.

Роботу виконано на кафедрі екології та екологічної безпеки Вінницького національного технічного університету та кафедрі екологічної безпеки та природоохоронної діяльності національного університету «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант доктор технічних наук, професор
Петрушка Ігор Михайлович,
Національний університет «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри екологічної безпеки та природоохоронної діяльності

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Фролов Валерій Федорович,
завідувач кафедри екології Національного авіаційного університету

доктор технічних наук, професор
Вамболь Сергій Олександрович,
професор кафедри безпеки життєдіяльності та права Харківського Національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка.

доктор технічних наук, с.н.с.
Ольховик Юрій Олександрович,
Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України», завідувач відділу "Науковий центр аналітичних випробувань стану параметрів довкілля"

Захист дисертації відбудеться «22» вересня 2020 року о 11 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.880.01 у Державній екологічній академії післядипломної освіти та управління за адресою: 03035, Київ, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корпус 2.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління за адресою: 03035, Київ, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корпус 2 та на сайті спеціалізованої вченої ради Д 26.880.01 за електронною адресою: www.dea.ua

Автореферат розісланий « 21 » серпня 2020 р.

**Учений секретар
спеціалізованої вченої ради**

Іващенко Т.Г

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Проблема відходів, у тому числі і небезпечних, в Україні залишається надзвичайно масштабною і гострою, що є наслідком домінування в економіці держави ресурсоємних, багатовідходних та застарілих технологій, а також через відсутність відповідних системних управлінських дій і адекватного реагування на небезпечні для людини та довкілля виклики.

Серед небезпечних відходів вирізняються, у першу чергу, непридатні пестициди (НП), хімічні засоби захисту рослин (ХЗЗР) та пестицидвмісні відходи (ПВВ), які часто є невикористаними, невпізнаними, некондиційними, тобто непридатними до використання. Їх в Україні ще і досі нараховуються декілька десятків тисяч тонн. Зрозуміло, що ці речовини, як найбільш токсичні хімічні сполуки в природі, є вкрай небезпечними для живих систем, зокрема, людини, спричиняючи виникнення різноманітних важких захворювань та отруень, а іноді і загибелі представників різних екосистем. При цьому існує також науково-технічна та управлінська проблема безпеки і відповідних ризиків їх зберігання, переробки, транспортування, утилізації, у тому числі: тари з-під пестицидів та ПВВ, а також ліквідації складів та сховищ ХЗЗР, рекультивації та ремедіації земель навколо них та ін. Ці питання у державі остаточно не вирішені внаслідок недостатніх обсягів бюджетного фінансування, відсутності єдиної централізованої системи обліку та управління залишків пестицидів, жорсткого дотримання вимог природоохоронного законодавства у сфері управління та поводження з небезпечними відходами всіма суб'єктами господарювання, зокрема, Закону України «Про пестициди та агрохімікати», а також недостатньої розвинутості виробничих потужностей для їх повної утилізації, переробки та знешкодження. Відтак, вирішення проблеми екологічно безпечного поводження з відходами, особливо небезпечними, є однією із основних у природоохоронній діяльності країни.

Безперечно, з початку виробництва та використання ХЗЗР протягом тривалого часу до цієї проблеми звертались вітчизняні та зарубіжні науковці і практики, зокрема: Мельников М. М., Ранський А. П., Петрук В. Г., Патика В. П., Крайнов І. П., Лисиченко Г.В., Іванюта С.П., Глуховський І.В., Качинський А.Б., Забулонов Ю.Л., Фурдичко О.І., Моклячук Л.І. та багато інших вчених. Однак у їхніх відомих наукових працях превалюють значною мірою розв'язок конкретних, локальних завдань, а не вирішення проблеми в цілому.

Тому наукове обґрунтування оптимальних форм та комплексних методів і засобів саме інтегрованого управління екологічною безпекою та поводження із залишками непридатних (прострочених, змішаних, некондиційних, неідентифікованих тощо) пестицидних препаратів, інших ХЗЗР та пестицидвмісних відходів є вкрай актуальною проблемою для науки і практики та природоохоронної галузі України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.

Дисертаційні дослідження виконувались відповідно «Основним засадам (стратегії) державної екологічної політики України на період до 2020 року» зі змінами відповідно розпорядженню КМУ від 8.11.2017 року, № 820р, затверджених Законом України від 21.12.10 р., № 2118-VI, а також в рамках наукових програм та завдань державних тематик, зокрема: «Розроблення заходів екологічної

безпеки у сфері поводження з небезпечними відходами та дослідження їх впливу на водні об'єкти із використанням біосенсорних технологій» (2018-2020 рр., держреєстраційний № 0118U000208), «Поводження з небезпечними відходами у Австрії та Україні на прикладі побутових хімічних джерел струму» (2019 р., держреєстраційний № 0119U002869), а також декількох госптематик у сфері досліджень небезпечних компонентів побутових і промислових відходів, а саме: держреєстраційні №№ 0113U001253 (2013 р.), 0114U005589 (2014 р.), 0115U003861 (2015 р.), 0116U004396 (2016 р.), 0116U004413 (2016 р.), 0116U005485 (2016 р.), 0117U006701 (2017 р.) та інші. Крім того, роботи велись в рамках наукових проєктів кафедри екології та екологічної безпеки ВНТУ за темою «Інтегроване управління та поводження з непридатними пестицидами та іншими небезпечними відходами». В усіх цих роботах здобувач брав участь, як відповідальний виконавець.

Ідея роботи полягає в запобіганні забрудненню та зниження екологічних ризиків від впливу НП та ПБВ на довкілля і людину.

Мета і завдання досліджень. Обґрунтувати оптимальні форми інтегрованого управління екологічною безпекою і поводження з непридатними пестицидами та пестицидвмісними відходами, а також сучасних методів і засобів їх знешкодження, переробки та утилізації.

Для досягнення поставленої мети у роботі сформульовано такі основні **завдання досліджень:**

- проаналізувати сучасні проблеми інтегрованого управління НП та ПБВ, а також екологічні загрози та ризики у сфері поводження з ними;
- здійснити аналіз сучасних НП та інших органічних забруднювачів і їх впливу на людину і довкілля;
- розробити методологію досліджень та ідентифікації невпізнаних (неідентифікованих) сумішей НП та ПБВ;
- обґрунтувати застосування найоптимальніших методів і засобів знешкодження, переробки та утилізації НП та ПБВ, зокрема, термічних та реагентних методів;
- розробити схемотехнічну структуру мобільних технологічних комплексів для термічного та реагентного знешкодження НП та ПБВ;
- дослідити ризики та небезпечні фактори впливу НП та ПБВ на живі системи і довкілля;
- розробити оптимальні форми інтегрованого управління екологічною безпекою місць зберігання некондиційних НП та ПБВ, тари з-під них та відновлення забруднених ними ґрунтів;
- обґрунтувати методологію оптимальних форм управління при транспортуванні НП та ПБВ;
- розробити науково-обґрунтовані рекомендації з вдосконалення методологічної та нормативної бази у сфері управління та поводження з НП та ПБВ;
- розробити оптимізовану систему інтегрованого управління екологічною безпекою НП та ПБВ.

Об'єкт дослідження: процеси управління екологічною безпекою та поводження з непридатними пестицидами та пестицидвмісними відходами.

Предмет дослідження: вплив НП та ПВВ на довкілля і людину, методи і засоби утилізації, переробки та їх знешкодження, а також оцінки екологічних ризиків від впливів небезпечних речовин на довкілля та людину.

Методи досліджень. Для вирішення поставлених завдань у роботі використовувались сучасні методи наукових досліджень: аналіз – для узагальнення сучасних науково-технічних досягнень щодо запобігання забрудненню довкілля внаслідок потрапляння пестицидів у довкілля; індикаційні методи – для оцінки забруднень ґрунтів, води та повітря; методи математичного моделювання; хімічні та фізико-хімічні методи; методи квантово-хімічних розрахунків; хроматографічні методи; методи Брукерівської Фур'є-інфрачервоної спектроскопії; термічні та реагентні методи утилізації пестицидів; методи аналізу газових сумішей тощо.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у науковому обґрунтуванні оптимальних форм інтегрованого управління екологічною безпекою НП та ПВВ, які забезпечують суттєве зменшення негативних наслідків техногенного впливу на довкілля і людину.

При цьому:

- *вперше* розроблено науково-методологічні основи інтегрованого управління екологічною безпекою і поводження з НП і ПВВ, суть яких зводиться до оптимізованої нами системи, яка на підсистемному рівні включає управлінські інтегровані дії до усіх компонентів пестицидвмісних відходів, що дозволяє суттєво підвищити екологічну безпеку територій та в значній мірі вирішити проблему пестицидного забруднення довкілля;
- *вперше* на основі квантово-хімічних розрахунків встановлено ефективність та екологічну доцільність і повний механізм реагентних методів, зокрема, методу лужного гідролізу, порівняно з термічними методами переробки (знешкодження) некондиційних залишків ПП, які дозволяють отримувати з первинних органічних токсичних сполук не тільки менш токсичну, переважно неорганічну, корисну вторинну сировину, але суттєво зменшити їхні екотокси та шкідливий вплив на людину та довкілля;
- *вперше* на підставі результатів спектрометрії встановлено різке падіння рівня токсичності ПП з отриманням безпечних продуктів нагрівання вже при $t=300-400^{\circ}\text{C}$, що дозволяє в окремих випадках замінити високотемпературні та плазмові методи знешкодження органічних забрудників на низькотемпературні, які є суттєво менш енергозатратними та екологічно доцільними;
- *удосконалено* методологію управління та обґрунтовано моделі техногенно-антропогенних ризиків і безпечних маршрутів при транспортуванні НП та ПВВ, що на відміну від відомих, дозволяють оптимізувати перевезення небезпечних вантажів, а також оцінити можливі катастрофічні наслідки як для людей, так і для довкілля;
- *удосконалено* комплексний метод відновлення забруднених пестицидами ґрунтів, який, на відміну від аналогів, базується переважно на біодеградації пестицидів з використанням резистентних мікроорганізмів, рослин-гіпераккумуляторів, ефекторів фітоекстракції та стимуляторів росту, що забезпе-

чують підвищений винос пестицидів із ґрунту, його відновлення та ремедіацію;

- *дістав подальшого розвитку* метод визначення рівня екологічної токсичності пестицидів та продуктів їх переробки, який на відміну від відомих, дає можливість встановити найбільш токсичні забрудники та найбільш ефективні методи їх переробки, а також виявляти нові типомінали пестицидних препаратів, використання яких є особливо небезпечним для довкілля;
- *встановлено* пряму залежність фітотоксичного ефекту різних ПП та пригнічення морфометричних показників досліджуваних рослин від природи отрутохімікату, яка дозволяє оцінити рівень його токсичності та небезпечного впливу на довкілля.

Практичне значення отриманих результатів (технічна новизна) полягає у розробці управлінських схем, технологічних, схемотехнічних та конструктивних рішень і особливостей сучасних засобів і способів знешкодження та утилізації небезпечних відходів, а саме:

- розроблено схемотехнічні рішення на мобільний технологічний комплекс для термічного та реагентного знешкодження НП та ПВВ;
- розроблено методикау ідентифікації невпізнаних сумішей НП та інших небезпечних речовин;
- здійснено квантово-хімічні розрахунки перебігу лужного гідролізу при знешкодженні ПП, зокрема фосфорвмісних;
- досліджено небезпечний вплив НП та ПВВ на теріофауну, водні екосистеми, здоров'я дитячого населення України;
- обґрунтовано фітотоксичний ефект НП та ПВВ за допомогою біоіндикації, а також досліджено небезпечні компоненти ТПВ;
- розроблено оптимальні форми інтегрованого управління екологічною безпекою місць зберігання залишків НП, тари, ремедіації і відновлення забруднених ґрунтів, ризиків транспортування НП та ПВВ.

Окремі результати дисертаційного дослідження впроваджені і використовуються у практичній діяльності, зокрема: у Департаменті агроєкології та природних ресурсів Вінницької облдержадміністрації, у Державній екологічній інспекції Вінницької області, у Басейновому управлінні водних ресурсів Вінницької області, у ПП «ІнтерЕко», ТОВ «Подільська Січ» та інші. (Акти впровадження внесені у додатки дисертації).

Окрім того, результати роботи використовуються у навчально-методичному процесі Вінницького національного технічного університету під час викладання дисциплін «Екологічна безпека», «Техноєкологія», «Екологія людини», «Екологічна токсикологія», «Управління природоохоронною діяльністю», «Поводження з відходами», «Відновлення забруднених територій» та інших для студентів спеціальностей 101 – Екологія та 183 – Технології захисту навколишнього середовища. (Відповідний акт впровадження є у додатках до дисертаційної роботи).

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи забезпечується логічною відповідністю поставлених задач обраній методології та методикам досліджень; обґрунтованим вибором при-

пущень і обмежень; теоретичною послідовністю та коректністю розвинутих моделей. Вона також підтверджується публікаціями у наукометричних, вітчизняних та закордонних фахових виданнях, а також представленням їх на наукових форумах та конференціях різного рівня. Достовірність дослідження забезпечувалась відтворюваністю результатів експериментів, застосуванням методів математичної статистики для обробки результатів, репрезентативною вибіркою експериментальних зразків, а також шляхом порівняння теоретичних положень з результатами експериментальних досліджень, яке засвідчило задовільну їх збіжність.

Особистий внесок автора полягає в аналізі стану проблеми, формулюванні та розробленні ідеї, мети і теми дисертації, теоретичному обґрунтуванні напрямків досліджень, розробленні наукових положень та виконанні безпосередньо досліджень, а також обґрунтуванні оптимальних форм інтегрованого управління екологічною безпекою непридатних пестицидів та пестицидвмісних відходів. Основні результати теоретичних та експериментальних досліджень, представлених у дисертаційній роботі, наведено у наукових працях, поданих у списку робіт [1-71].

Особисто автором у роботах, опублікованих за співавторства, було:

- проведено аналіз сучасних проблем інтегрованого управління у сфері поводження з НП та ПВВ ;
- здійснено дослідження небезпечних факторів впливу на живі системи та довілля;
- розроблено та удосконалено сучасні методи та засоби утилізації, переробки та знешкодження НП та пестицидвмісних відходів;
- розроблено оптимальні форми інтегрованого управління екологічною безпекою місць зберігання залишків непридатних пестицидів, тари і упаковки та ремедіації, рекультивації і відновлення забруднених ними ґрунтів
- розроблено методологію оптимальних форм управління при транспортуванні непридатних пестицидів та небезпечних відходів та ін.

Апробація результатів дисертації. Основні положення, наукові результати теоретичних та експериментальних досліджень за напрямком дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на наукових, науково-практичних конференціях та семінарах різних рівнів, а саме: IV Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю" (Екологія/Ecology-2013), (Вінниця, 2013 р.); VII- НТК «Оптоелектронні інформаційні технології «Фотоніка ОДС-2015», (Вінниця, 2015 р.); V-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю, (Вінниця, 2015 р.); Всеукраїнська НПК студентів, аспірантів та молодих вчених «Проблеми сучасної екологічної освіти» (Київ, 2014 р.); IX Всеукраїнська НПК молодих учених та студентів «Екологічна безпека держави» (Київ, 2015 р.); Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція Вінницького державного педагогічного університету (Вінниця, 2015 р.); Всеукраїнська НПК з міжнародною участю "Надзвичайні ситуації: безпека та захист" (Черкаси, 2015 р.); International Multidisciplinary Scientific Geoconference "Sgem2016" (Bulgaria, 2016 р.); 16th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2016) (Korea, 2016 р.); Міжнародна науково-технічна конференція «Екологічна безпека та відновлювальні джерела енергії» (Вінниця, 2017 р.); Всеукраїнська НПК «Екологічна стратегія

майбутнього» (Умань, 2017р.); НТК «Екологічна безпека та відновлювані джерела енергії (Вінниця, 2017 р.); VI-Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю, (Вінниця, 2017 р.); International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, «SGEM 2017» (Bulgaria, 2017 р.); XLVII НТК підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2018) (Вінниця, 2019 р.); Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи (Львів 2018 р.); Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering (United Kingdom, 2018 р.); 5-й Міжнародний конгрес «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (Львів, 2018 р.); НПК з міжнародною участю «Екологічна наукова діяльність: в концепції сталого розвитку» (Житомир, 2018 р.); VII-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю, (Вінниця, 2019 р.); XLVIII НТК підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2019) (Вінниця, 2019 р.); International conference on geosciences / Conference proceedings (Greece, 2019) та інші.

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 71 наукова робота, з яких: 5 монографій – за співавторства, 26 статей, зокрема, 21 стаття у наукових фахових виданнях з переліку МОН України, 7 статей – у виданнях, що індексуються наукометричними базами даних, серед яких 6 статей, що індексуються у НМБ Scopus, 4 патенти України на корисну модель, 6 підручників та навчальних посібників та 29 матеріалів доповідей у збірниках наукових праць та конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Матеріали дисертації викладено на 345 сторінках друкованого тексту, у яких 69 рисунків та 40 таблиць. Список використаних джерел містить 310 найменувань. Дисертаційна робота включає 7 додатків, розміщених на 57 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані ідея, мета і завдання досліджень, визначено наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів, дані про особистий внесок здобувача, апробацію результатів дисертації, структуру і обсяг роботи тощо.

У **розділі 1** «Аналіз сучасних проблем інтегрованого управління у сфері поводження з НП та ПВВ», у першу чергу, досліджено стан державної системи управління екологічною безпекою та вітчизняного законодавства у сфері поводження з НП та ПВВ, де відзначено, що питання обігу і утилізації непридатних до використання та заборонених до застосування хімічно небезпечних речовин, у тому числі, пестицидних препаратів та пестицидвмісних відходів є надзвичайно гострою проблемою України. На сьогодні непридатні хімічні засоби захисту рослин (ХЗЗР) зберігаються практично на території усіх областей України, як правило, у непридатних для їхнього зберігання напівзруйнованих приміщеннях без належного нагляду, що надає можливість несанкціонованого доступу і неконтрольованого використання цих речовин у приватному агровиробництві. Це призводить до забруднення ґрунтів, потрапляння небезпечних речовин до водоносних горизонтів, сільськогосподарської продукції та негативного впливу на здоров'я людини і

довкілля. При цьому протягом останнього часу значна частина державних ресурсів була направлена на фінансування робіт зі знешкодження непридатних до подальшого використання ХЗЗР, але це питання остаточно не вирішене внаслідок недостатніх обсягів бюджетного фінансування, відсутності єдиної централізованої системи обліку та управління залишків пестицидів, агрохімікатів тощо, а також їх інвентаризації, неналежного контролю за дотриманням нормативних вимог у сфері поводження з небезпечними відходами з боку як держави, так і суб'єктів господарювання.

При цьому рамковими документами, що врегульовують проблеми інтегрованого управління та поводження з пестицидами та іншими ХЗЗР є Закони України «Про пестициди та агрохімікати», «Про загальну державну Програму поводження з токсичними відходами», «Про управління відходами», а також розпорядження КМУ (№820) «Про схвалення національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року» та низка інших законодавчих актів у цій сфері. Всі вони базуються на дотриманні положень Директив ЄС, зокрема Рамкової Директиви про відходи №2008/98/ЄС; Директиви про небезпечні відходи № 91/689/ЄЕС та інших.

Також зазначається, що основним методом поводження з НП та ПВВ в Україні є їх захоронення на полігонах або сховищах, більшість з яких несанкціоновані та переповнені і не відповідають нормам, що спричиняє шалений тиск на довкілля і загрожує та негативно впливає на здоров'я людини. У той же час, ситуація у більшості країн ЄС діаметрально протилежна. У них неупинно зростає складова рециклінгу та спалювання, а вся система направлена на запобігання їх утворенню і повторного використання.

Крім того, у розділі наведена класифікація ПП та аналіз їх фізико-хімічних характеристик, які розрізняють за цільовим призначенням, способом проникнення та характером дії на живі організми, за способом застосування, за хімічною природою, за ступенем токсичності, за рівнем накопичення в організмах, за ступенем стійкості у ґрунтах тощо. Проаналізовано також токсикологічні характеристики стійких органічних забрудників (СОЗ) та їх вплив на людину і довкілля. При цьому відповідно до додатка 3 Стокгольмської конвенції поліхлоровані дибензодіоксини (ПХДД) та поліхлоровані дибензофурані (ПХДФ) є найбільш високотоксичними штучно створеними речовинами з відповідними коефіцієнтами токсичності (ТЕФ). Те ж стосується і поліхлорбіфенілів (ПХБ). Всі вони відносяться до категорії «супертоксики». Досліджено також і механізми впливу СОЗ на живу клітину, які є надзвичайно складні з низкою послідовних реакцій на молекулярному рівні, яка призводить до змін у регуляції роботи генів, руйнівної дії на ендокринну систему, спричиняє канцерогенний, мутагенний та алергенний ефекти, уражає нервову систему, порушує імунну систему тощо.

Здійснено аналіз хімічних загроз екологічній безпеці України та, зокрема, Вінниччини. При цьому зазначається, що загрозу для довкілля і людини особливо спричиняють безхозні та занедбані склади та сховища отрутохімікатів, забруднення ґрунтів поблизу місць зберігання ПП, водних горизонтів підземних вод. Встановлено, що і донині в Україні зберігається десятки тисяч тонн непридатних ХЗЗР та мінеральних добрив, які з часом перетворилися на невпізнані, некондиційні, необліковані, змішані суміші тощо. Крім цього, за даними держстатистики,

в Україну щорічно офіційно ввозять пестицидів приблизно на 1 млрд доларів, та ще більше контрабандними шляхами. Більшість із них хлор- та фосфорвмісні. Це понад 100 тис. тонн та більше 1000 різних їх типоміналів.

Серед найбільш поширених і використовуваних пестицидів у сільськогосподарському виробництві України є такі (рис. 1, табл. 1).

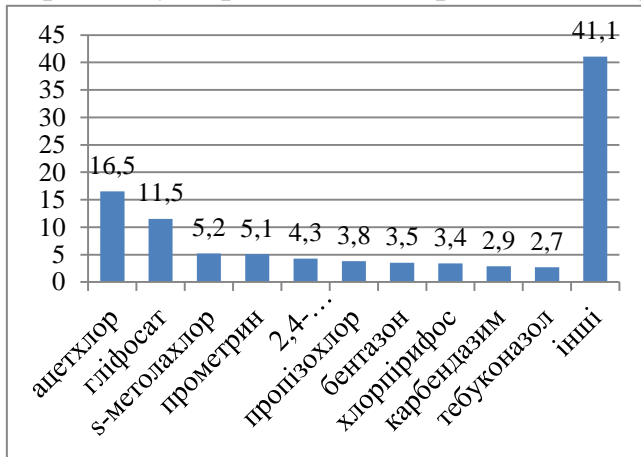


Рисунок 1 - Діаграма відсоткового використання пестицидів в Україні у 2018 році за діючими речовинами (за даними держстатистики)

Таблиця 1 - Використання пестицидів в Україні у 2018 році за діючими речовинами (за даними держстатистики)

Діюча речовина	% на ринку	т
Ацетхлор	16,5	4170
Гліфосат	11,5	2925
S-метолахлор	5,2	1314
Прометрин	5,1	1296
2,4-дихлорфенокси- оцтова кислота	4,3	1092
Пропізохлор	3,8	953
Бентазон	3,5	884
Хлорпірифос	3,4	853
Карбендазим	2,9	733
Тебуконазол	2,7	696
Інші	41,1	10419

Крім того, наводиться аналіз проблем управління та поводження з НП та ПВВ на Вінниччині, де зазначається, що на складах області ще зберігається близько 1000 тонн, а у Джуринському отрутомогильнику понад 2000 тис тонн НП. Відзначено також і інші хімічні загрози Вінниці та Вінниччини, зокрема: безхозні відходи 1-3 класу небезпеки на території колишнього ВО «Хімпром» (понад 200 тис. тонн фосфогіпсів), на території колишнього заводу «Термінал» (понад 120 тонн відходів гальванічного шламу) та багато інших небезпечних об'єктів.

В результаті аналізу сучасного стану державної системи управління та поводження з НП та ПВВ, а також вітчизняного законодавства у цій сфері обґрунтована тема дисертаційної роботи та сформульовані ідея, мета, основні її завдання, які направлені на запобігання забрудненню довкілля НП та ПВВ, а також цілкового наукового вирішення проблеми небезпечних, зокрема, хімічних відходів у державі.

У **другому розділі** «*Методологія ідентифікації та досліджень пестицидів і пестицидвмісних речовин*» розроблена логічно-структурна схема методології дисертаційних досліджень НП та ПВВ, у основу якої покладено основні методи експериментальної інформатики із застосуванням методів математичного моделювання та статистики, системного підходу, причинно-наслідкових зв'язків та ін. При цьому відомо, що непридатні пестицидні препарати являють собою, частіше всього, невпізнані суміші, неідентифіковані речовини тощо, тому важливим етапом наукових досліджень та вибору оптимальних методів утилізації НП та ПВВ є процес ідентифікації вихідних та вхідних діючих речовин, а також аналітичний контроль їх залишкових концентрацій. Відтак, у розділі запропоновані та використовуються найбільш поширені методи контролю та визначення пестицидів у ґрунтах, воді, харчових продуктах рослинного походження тощо, а саме методи: тонкошарової, газової та газорідної хроматографії, мас-спектроскопії, а також Брукерівської Фур'є-інфрачервоної спектрометрії та ін.

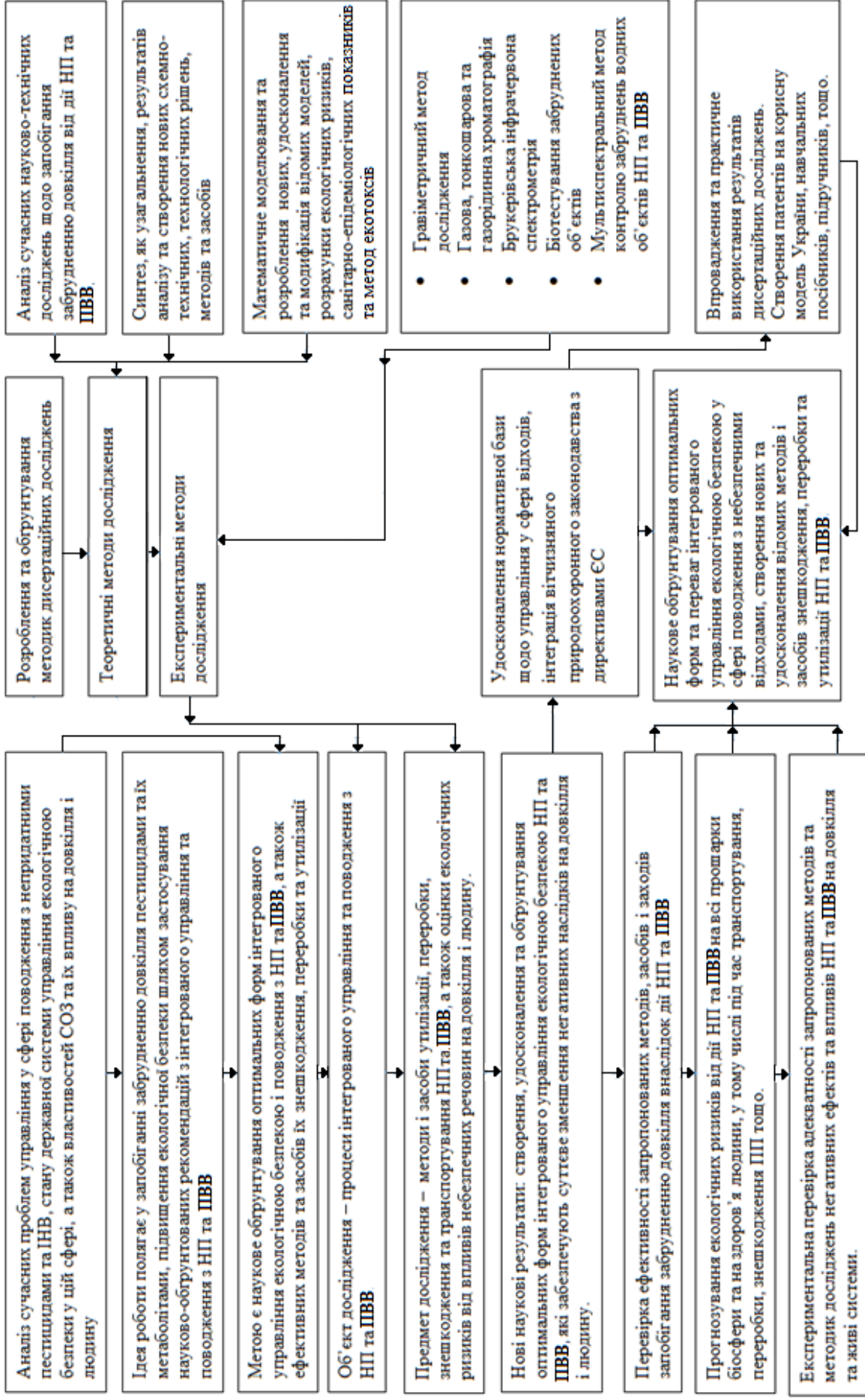


Рисунок 2 – Структурно-логічна схема методології дисертаційних досліджень

Крім того, розроблені та використовувались методи біотестування забруднених НП та ПВВ територій та водних об'єктів, а також відповідні методики визначення токсичності стічних, поверхневих, підземних і питних вод, водних розчинів хімічних речовин, водних витяжок з ґрунтів, осадів стічних вод, промислових та побутових відходів. При цьому, як тест-об'єкт, використано мікроводорості (хлорелу – *Chlorella vulgaris*) та сценедесмус (*Scenedesmus subspicatus*), а також макрофіти ряски малої (*Lemna minor*). Вони обрані відповідно вимог водної екотоксикології ЄС та Директиви 91/414/ЄЕС. Під час досліджень токсичності і концентрацій небезпечних речовин у довкіллі оцінювався також детермінований екологічний ризик TER:

$$TER = \frac{LC_{50}}{C}, \quad (1)$$

де: LC_{50} – напівлетальна концентрація для певного тест-об'єкта; C_i – концентрація небезпечних речовин у довкіллі.

При цьому критерієм токсичності є зниження на 20 % і більше концентрацій частинок мікроводоростей у тестовому розчині у порівнянні із контрольним зразком на дистильованій воді. Крім того, для визначення концентрацій частинок мікроводоростей (фітопланктону) за нашої участі розроблено мультиспектральні методи і засоби, у тому числі із застосуванням квадрокоптерів, якщо мова йде про натурні дослідження водних об'єктів, забруднених НП та ПВВ. При цьому під час біоіндикації якості водного середовища з використанням макрофітів, зокрема, ряски малої, у пробах визначають збереження або зміну її морфологічних ознак (хлороз, некроз) у дослідних зразках у порівнянні з контрольними пробами. У цьому ж розділі подається обґрунтування вибору оптимальних методик оцінки екологічних ризиків від впливів небезпечних речовин. Для оцінки ймовірності реалізації тієї чи іншої загрози або ризику використано відповідні закони та складові теорії ймовірності, зокрема, відому формулу Байєса, яка встановлює апіорну та апостеріорну ймовірності настання тієї чи іншої події.

Зазначено також, що у англійських країнах для визначення екологічних ризиків використовують систему NOAEL (No observed adverse effect level), яка дозволяє розрахувати рівень концентрації шкідливої речовини, а також систему значень LOAEL, що показує найнижчий рівень впливу чи концентрацій речовин, значно нижчих за значення LD_{50} чи LD_{30} , які встановлюють межу гибелі 50(30) відсотків піддослідних організмів від впливу небезпечних речовин. Крім того, враховувались інші одиниці вимірювання, наприклад: T25 (потужність хронічної дози); ВМД10 (хронічна дозова оцінка); ЕС50 (середня ефективна концентрація); NOEC (концентрація, при якій відсутній спостережуваний ефект); ДТ50 (період напіввиведення небезпечної сполуки) та ін. При цьому нами застосовано метод екотоксів, який базується на порівнянні токсичності агрохімікатів з показниками токсичності відомого пестициду ДДТ (він прийнятий за 1):

$$E = \frac{P \times N}{LD_{50}}, \quad (2)$$

де P – період напівзникнення речовини з навколишнього середовища, тижні;
 N – середня норма витрати препарату, кг/га; LD_{50} – середня смертельна доза при пероральному надходженні в організм піддослідних шурів, мг/кг.

Однак цей вираз для ґрунтів, газів та промислових відходів потребував удосконалення. Тому, щоб одиниці розрахунку були безрозмірними, нами додатково введено відповідний поправочний коефіцієнт. Відтак:

$$E = 52 \frac{P \times C}{DK}, \quad (3)$$

де P – період напівзникнення хімічної речовини з довкілля за рахунок власного розкладання та біологічної деструкції мікроорганізмами, тваринами, рослинами тощо, одиниці вимірювання – тижні; C – концентрація хімічної речовини, одиниці вимірювання – мг/кг для ґрунту, мг/дм³ – для води, та мг/м³ – для повітря; DK – допустима концентрація хімічної речовини, одиниці вимірювання: мг/кг – для ґрунту (орієнтовна допустима концентрація), мг/дм³ для води (максимальна допустима концентрація), мг/м³ – для повітря (ГДК населених місць); 52 – кількість тижнів у році. Приклад розрахунку екотоксу пестицидів, що застосовується для озимої пшениці, наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 - Приклад розрахунку екотоксу пестицидів

Назва гербіциду	ОДК в ґрунті, мг/кг	Концентрація після внесення, мг/кг	Період напівзникнення речовини з навколишнього середовища, тижні	Екологічна небезпека (E), екотокс
1. Гранстар голд	0,01	0,0035 мг/кг	4	72,8
2. Галера	0,1	0,0350 мг/кг	1,5	27,3
3. Мілагро	0,2	0,000125 мг/кг	1,5	0,04875

Відтак, розроблену нами методику можна використовувати для заміни даного пестициду на більш безпечний, а також для визначення найбільш небезпечних впливів, зокрема НП та ПВВ, з метою їх мінімізації та усунення шкоди для довкілля та людини.

Третій розділ «Аналіз результатів дослідження впливу отрутохімікатів та інших небезпечних речовин на живі системи і довкілля» присвячений дослідженням небезпечних факторів впливу на різні рівні організації екосистем та прошарки біосфери. В першу чергу, це стосується небезпечних факторів впливу хімічних та радіологічних забруднень НП та ПВВ на здоров'я дитячого населення України. Експериментальні дослідження здійснювалися за допомогою методики біодіагностики та біоіндикації територій стосовно функціонального здоров'я населення. В результаті, виявлено зони підвищеної екологічної небезпеки на прикладі Вінницької області. Крім того, встановлені прямі залежності між показниками забруднення довкілля і рівнем дитячої захворюваності. При цьому рівень здоров'я дітей певної території більш об'єктивно відображає екологічну порушеність, оскільки діти не зловживають шкідливими звичками, не мають професійних хвороб і харчу-

ються переважно більш якісною їжею, що дозволяє отримати більш об'єктивну інформацію про стан довкілля та екологічні впливи. Метод полягає у дослідженні екологічного районування комплексного стану вегетативної нервової системи дитячого організму за допомогою комп'ютеризованої системи Вітатест-24 (метод Макаца В.Г.). Аналізу підлягали 14304 дітей різних статевих вікових груп, який виконано у 2010-2019рр. на території Вінниччини та інших областей. Отже, за даними загальної захворюваності дітей значення значно більше середнього виявлені у м. Ладижин, Теплицькому, Гайсинському та Крижопільському районах. Це пов'язано з тим, що у м. Ладижин діє екологічно небезпечний об'єкт – Ладижинська ТЕС з величезною кількістю промислових викидів, а у названих районах виявлені значні кількості некондиційних пестицидів у сховищах і агропромислових підприємствах. Тому нами експериментально доведено, що чим більше забруднена територія проживання, у тому числі НП та ПВВ, тим більша кількість людей та інших живих систем мають значно вищий рівень функціональної захворюваності або відхилень від норми.

У цьому ж розділі здійснено експериментальні дослідження та аналіз впливу НП та ПВВ і техногенних загроз на теріофауну України, зокрема, мисливську. При цьому на сьогодні більшість її популяцій знаходяться у катастрофічному стані внаслідок антропогенно-техногенних факторів впливу на їх біотопи. До прямих загроз відносяться пожежі, інтенсифікація лісокористування, повені, погодні аномалії, транспортна інфраструктура, а, головне, – отруєння мінеральними добривами, пестицидами та іншими ХЗЗР. На прикладі зайця-русака здійснено кореляційний аналіз обсягів внесених пестицидів та мінеральних добрив на їх чисельність, який засвідчив значення кореляції на рівні $r = -0,851$ та $-0,56$ відповідно, тобто спостерігається явна обернена залежність, представлена на рисунку 3.

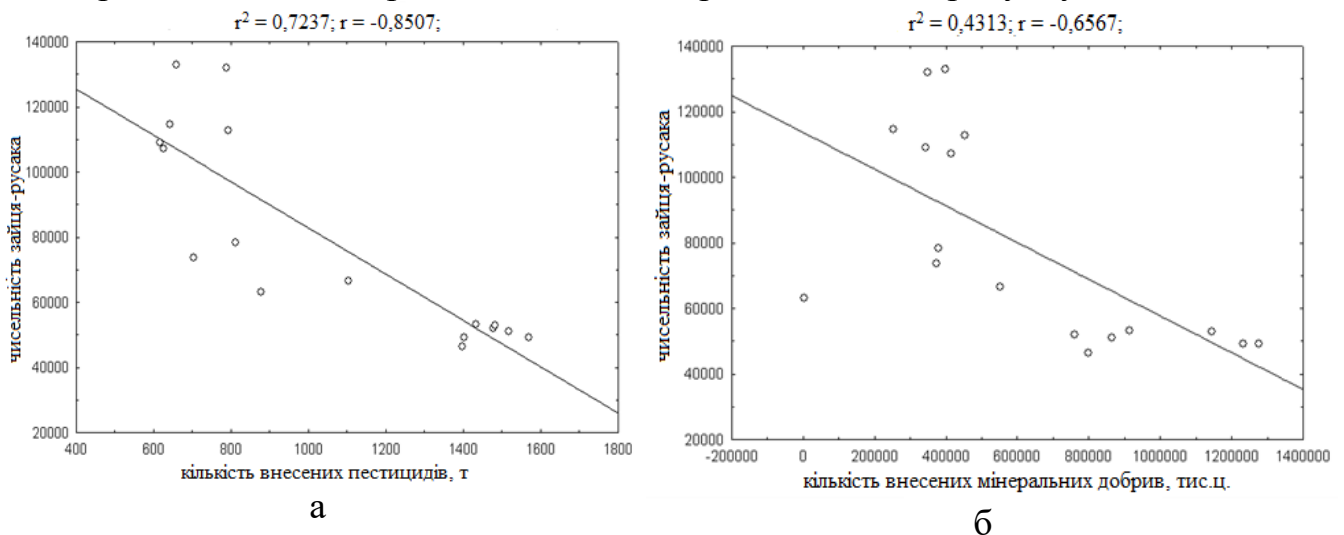


Рисунок 3 - Динаміка чисельності зайця-русака залежно від: а – рівня пестицидного навантаження; б – кількості внесених мінеральних добрив під урожай

Так само спостерігається висока кореляція із збільшенням посівів соняшника ($r = -0,738$) та іншими небезпечними факторами.

Отже, з вище наведеного аналізу випливає, що сучасні техногенні виклики, особливо НП та ПВВ, є беззаперечною та масштабною загрозою для існування екосистем, зокрема, мисливської теріофауни.

У роботі також обґрунтовано фітотоксичний ефект НП та ПВВ за допомогою біоіндикації, зокрема, з використанням генетично однорідних представників цибулі звичайної та редису у живильному розчині досліджуваної речовини. Визначення токсичності техногенно забруднених субстратів і чутливості класичних лабораторних тест-об'єктів нами здійснювалось з використанням методики О.А. Берестецького, яка ґрунтується на пророщуванні насіння модельних видів рослин на різних субстратах. Цибуля і редис мають високу чутливість до токсичних речовин, а саме пестицидів, якими слугували три найбільш вживані в Україні: гербіцид Раундап (Монсанта), фунгіцид Ридоміл (Сингента), інсектицид Децис (Стор-Science). Отже, на основі визначення морфометричних параметрів тест-об'єктів встановлено, що відбувається пригнічення ростових процесів всіх зразків (рисунок 4.)

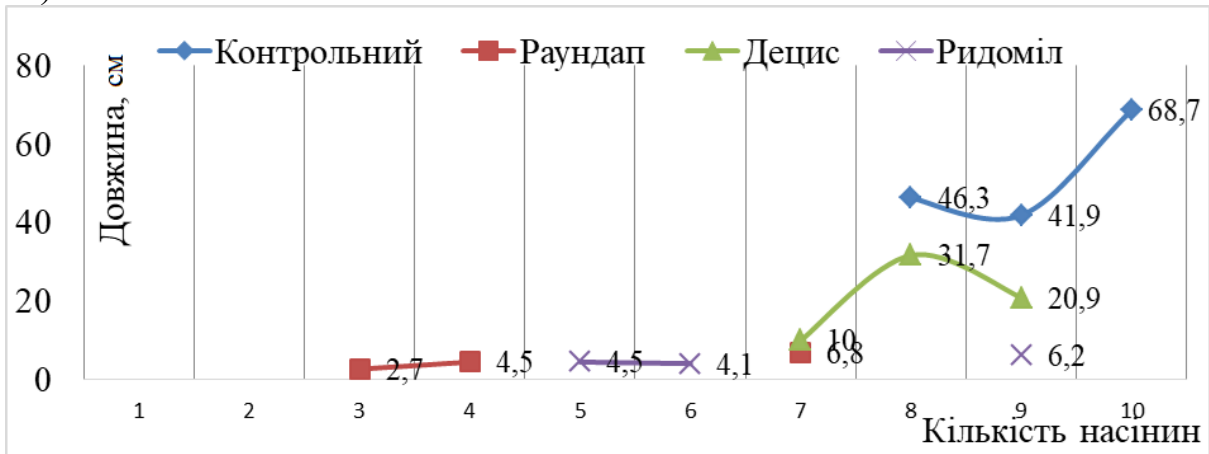


Рисунок 4 – Залежність росту зерен та всхожості при внесенні отрутохіміката

При цьому на основі проведених вимірювань було обчислено фітотоксичний ефект для кожного зразка за виразом:

$$\Phi E = \frac{L_0 - L_x}{L_0}, \quad (4)$$

де L_0 – середня довжина кореня рослини, вирощеної на контрольному середовищі; L_x – середня довжина кореня рослини, вирощеної під впливом токсичного фактора. Він представлений такими значеннями: Ридоміл – 91%, Раундап – 91,45 %, Децис 57,5%. Таким чином, згідно шкали рівнів токсичності фітотоксичність Ридомілу та Раундапу максимальна, а Децису – вище середнього, що дозволяє константувати: чим більший фітотоксичний ефект, тим менша довжина пророслого коріння та вищий рівень пригніченості розвитку рослини.

Також досліджено вплив пестицидів на забруднення водних середовищ з допомогою мультиспектральних методів та біотестування, що є комплексною оцінкою екологічного стану, зокрема, поверхневих водних об'єктів, які піддаються антропогенно-техногенному забрудненню і відповідає міжнародним зобов'язанням України перед ЄС в галузі водної політики. При цьому система оцінки детермінованого екологічного ризику небезпечних речовин використовує зна-

чення токсичності і концентрації небезпечних речовин у водних середовищах за таким виразом:

$$TER_{i,j} = \frac{LC_{50j}(NOEC_j)}{C_i}, \quad (5)$$

де $TER_{i,j}$ – співвідношення для i -тої речовини при використанні j -того тест-об'єкта; LC_{50j} – напівлетальна концентрація для j -того тест-об'єкта; $NOEC_j$ – недіюча концентрація для j -того тест-об'єкта; C_i – концентрація i -тої речовини у водному середовищі.

Як тест-об'єкти, обрані мікродорості хлорела, а токсикантом служив ПП Раундап. Методика біотестування полягає у визначенні зміни інтенсивності розмноження водоростей під впливом токсичних речовин у порівнянні з контрольним зразком. Результати досліджень подані у табл. 3.

Таблиця 3 – Результати контролю токсичності проб води з наявністю препарату Раундап методом біотестування з використанням тест-об'єкту культури водорості хлорела (*Chlorella vulgaris* Beijer)

N	C, мг/л	I, %	T, %
1	2,2	60,7	39,3
2	4,5	57,5	42,5
3	8,0	52,4	47,6
4	11,0	48,9	51,1
5	14,0	35,2	64,8
6	16,5	27,2	72,8
7	18,8	22,1	77,9
8	21,8	15,4	84,6
9	23,8	12,2	87,8
10	27,8	6,4	93,6

де C, мг/л – концентрація пестициду; I, % – тест-параметр; T, % – токсичність проб води.

Досліджено також вплив небезпечних компонентів ТПВ на людину і довкілля. При цьому вкотре констатується, що в Україні так і не створена ефективно діюча система управління та поводження з відходами, зокрема з побутовими, хоч і окремі спорадичні позитивні приклади на рівні місцевого самоврядування таки є. Разом з тим, ця система в Україні і Вінницькій області, зокрема, фактично зводиться лиш до збирання та вивезення сміття на полігони або сміттєзвалища, частіше всього несанкціоновані або переповнені.

Дослідження здійснювались з допомогою розробленого за нашої участі засобу мультиспектрального контролю параметрів забруднення водних середовищ, який складається з дифузного освітлювача, ПЗЗ-камери, оптично з'єднаної з об'єктивом мікроскопу і перестроюваним фільтром, яка підключена до блоку керування та обробки зображень. На мультиспектральний засіб контролю отримано патент на корисну модель України №99580.

Отже, результати мультиспектральних досліджень токсичності вод за допомогою біотестування дозволяють оцінити вплив токсикантів, зокрема НП та ПВВ, на екологічний стан водних об'єктів та можуть бути використані для екологічного контролю токсичності небезпечних відходів при забрудненні ними водних середовищ.

На даний час у державі планується здійснення, а у окремих випадках і впроваджується адміністративна реформа розвитку громад та зменшення повноважень районних і обласних рад та адміністрацій, яка, можливо, дасть поштовх до реального впровадження повсюдного збору, переробки, рециклінгу та екологічно безпечного поводження з відходами. Відтак, в роботі на основі ретельного аналізу системи поводження з ТПВ на прикладі Вінницької області розроблено конкретні науково-обґрунтовані рекомендації щодо реформування, модернізації, підвищення ефективності її функціонування, а також здійснено аналіз впливу небезпечних компонентів у складі ТПВ на довкілля та людину.

Таблиця 4 – Небезпечні хімічні речовини у складі компонентів ТПВ

Небезпечні компоненти ТПВ	Сполуки, що до них входять
Миючі засоби та побутова хімія	Фосфати, сульфати, сполуки хлору, кислоти, аміни, феноли, аніонні поверхнево-активні речовини
Лаки, фарби, клеї	Сполуки свинцю, цинку і хрому, леткі розчинники (стирол, бензен, ацетон, бутилацетат, ксилол, бутанол), фенол
Люмінесцентні лампи та інші ртутьвмісні матеріали	Ртуть
Пестициди, добрива	Важкі метали та їх сполуки, сполуки хлору, небезпечні сульфур- і фосфорорганічні сполуки
Акумулятори, батарейки	Нікель, кадмій, свинець, манган, ртуть, сульфатна кислота
Відходи електричного та електронного обладнання	Мідь, ртуть, кадмій, свинець, олово, нікель, цинк та їх сполуки, бромвмісні органічні сполуки тощо.

При цьому головними рекомендаціями для ефективного управління та поводження саме з небезпечними компонентами ТПВ є створення відповідної нормативної бази із врахуванням кращого європейського та світового досвіду, а також реальних механізмів її впровадження в Україні.

У четвертому розділі «Наукове обґрунтування оптимальних методів і засобів утилізації, переробки та знешкодження НП та ПБВ» подано результати аналізу та досліджень сучасних методів і засобів знезараження та переробки непридатних пестицидів та інших отрутохімікатів.

В першу чергу, особлива увага приділяється термічним методам. Однак зазначається, що в результаті термічного та термоокислювального розкладу шкідливих речовин, зокрема НП та ПБВ, в біосферу виділяються ряд токсичних продуктів. При цьому перед переробкою цих речовин класифікують їх за категоріями (рис. 5).

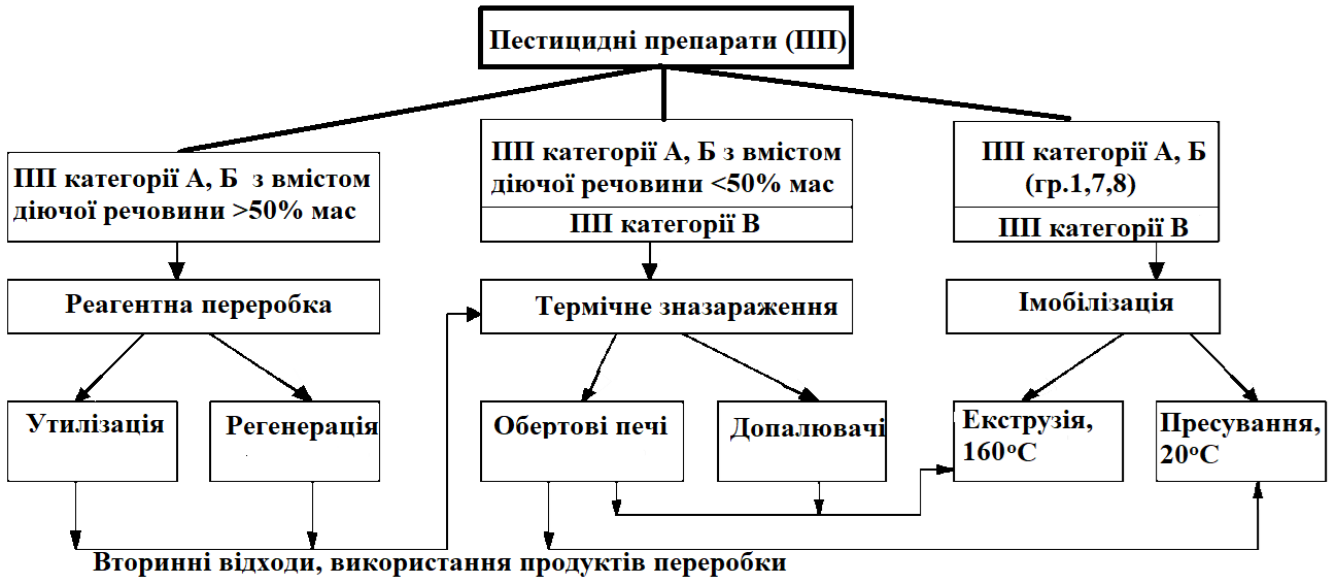


Рисунок 5 – Класифікація ПП за категоріями А, Б, В

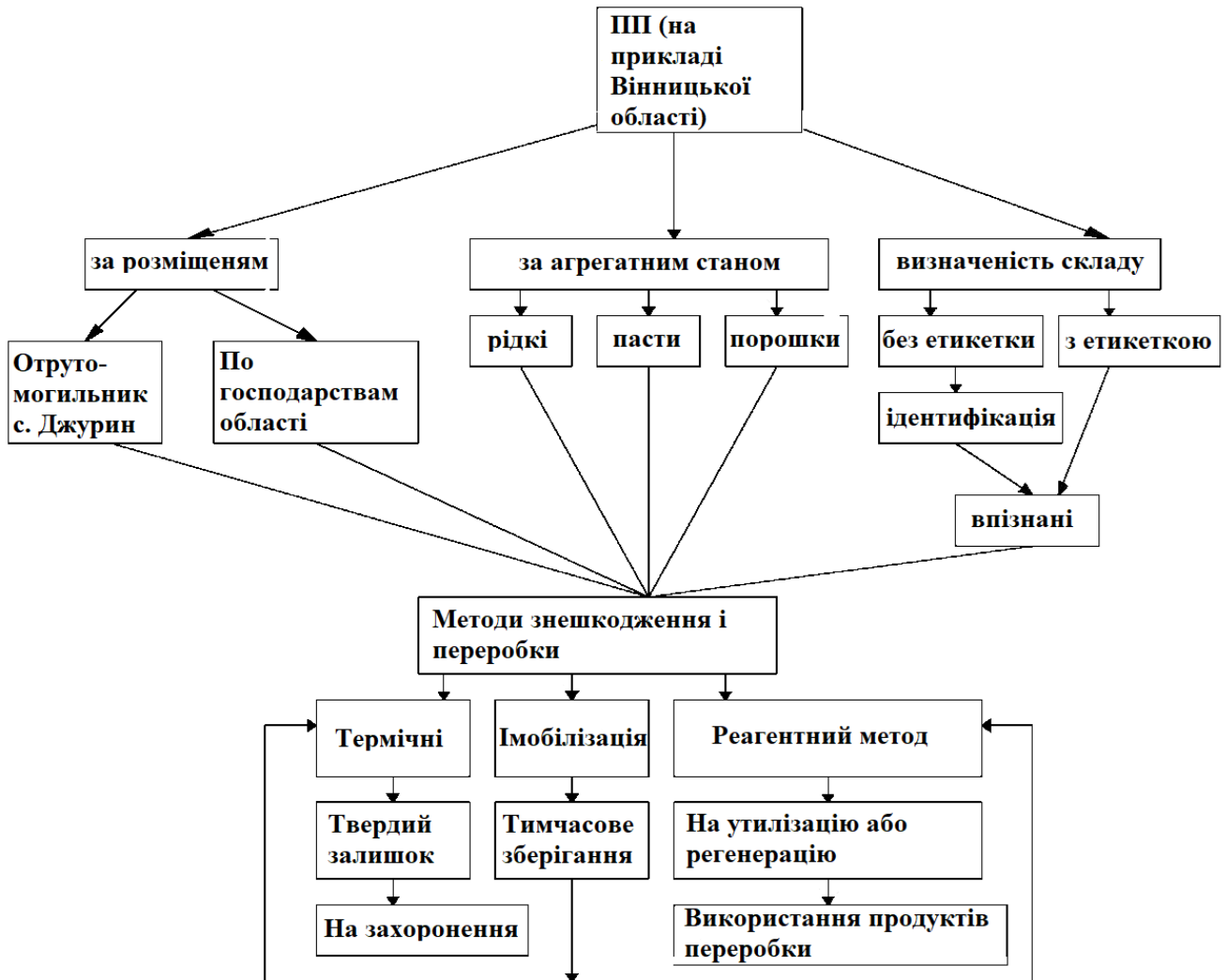


Рисунок 6 – Структурно-логічна схема застосування методів знешкодження непридатних ХЗЗР

Здійснено також аналітичні дослідження фізико-хімічної стійкості пестицидів, де встановлено, що головним критерієм оцінки ефективності будь-якого процесу знезараження чи переробки ПП є вміст токсичних речовин у продуктах. При цьому термічні методи можуть реалізовуватись такими способами у печах: 1) камерних; 2) багатополічкових; 3) барабанних обертових (роторних); 4) циклонних; 5) із псевдо розрідженим шаром. Однак, найефективнішими в умовах України обґрунтовано вважаються процеси знезараження НП та ПВВ у обертових барабанних печах, рис.7.

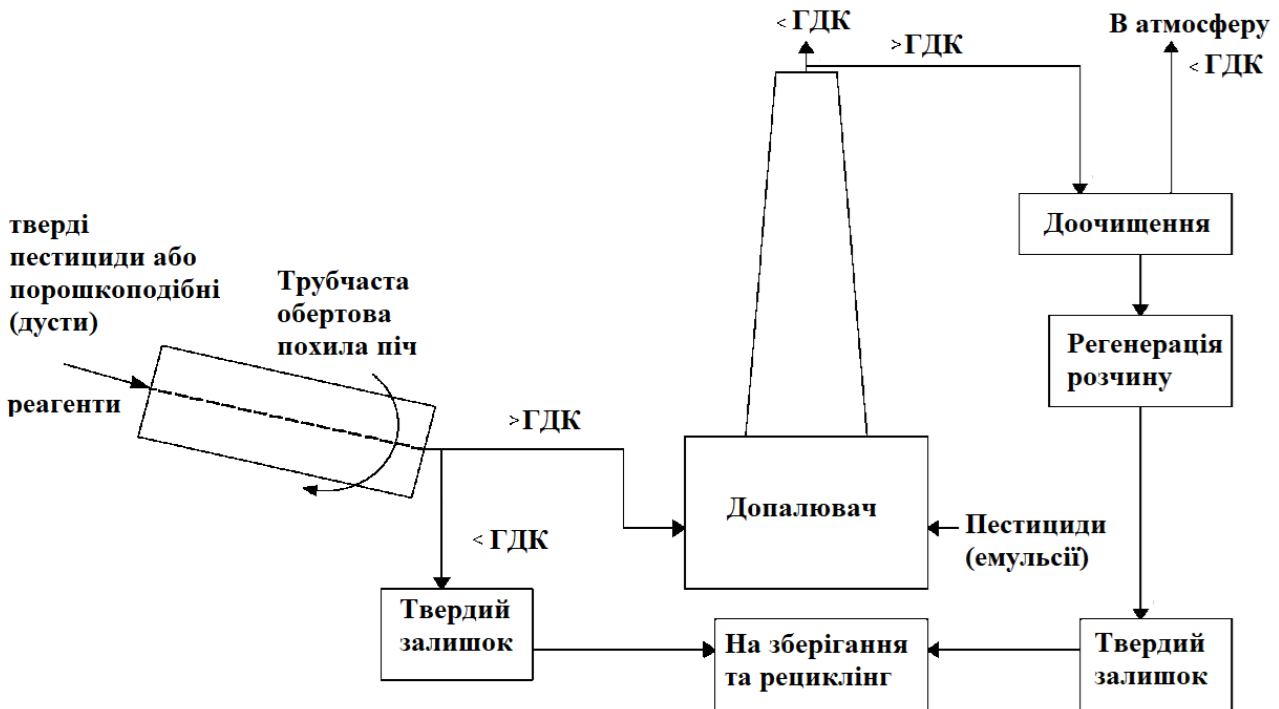


Рисунок 7 – Принципова схема знешкодження ПП за допомогою трубчастої обертової похилої печі та допалювача

Такі печі відрізняються механічною надійністю, універсальністю, безперервністю, а також можуть працювати як в прямоточному, так і в протиточному гідродинамічних режимах. Однак, попри їх недоліки: низьке питоме теплове і масове навантаження, доволі високі капітальні та експлуатаційні витрати, корозія футерівки та інші, все-таки, в умовах України вони є найбільш оптимальними і ефективними, бо можна у цьому разі використати існуючі потужності, наприклад: цементних заводів, заводів по виробництву окатишів, гірничо-збагачувальних комбінатів тощо. Крім того, в розділі здійснено технологічний та техніко-економічний аналіз існуючих способів термічного розкладу НП та ПВВ з розрахунковою оцінкою екоотоксикологічних наслідків можливих аварій при неконтрольованому виході токсикантів.

Також здійснено аналіз особливостей термічного знешкодження рідких пестицидів на ІНР, у тому числі паливних та негорючих ПП. При цьому запропоновано рідкі горючі відходи застосовувати як паливо для знешкодження негорючих відходів.

Крім того, досліджено низькотемпературну деструкцію сірко- та фосфорвмісних ПП на прикладі Диметоату, Фозолону та Гліфосату. Дослідження здійсню-

вались при $T=300-400^{\circ}\text{C}$ термогравіметричним методом, а продукти реакції аналізувались з допомогою Брукерівської Фур'є ІЧ-спектроскопії. При цьому відомо, що саме в околі температурного інтервалу $250-450^{\circ}\text{C}$ відбувається розрив хімічних зв'язків з мінімальною енергією дисоціації з утворенням різних модифікацій пірокарбону та полімерних продуктів конденсації залишків діючої речовини ПП, а також високотоксичних поліхлорованих біфенілів та діоксинів, рис. 8,9.

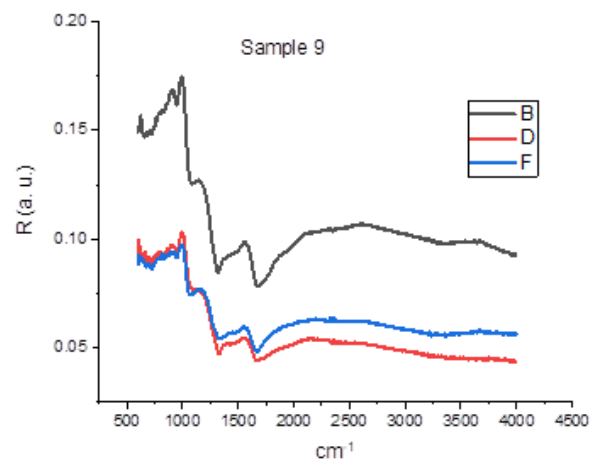
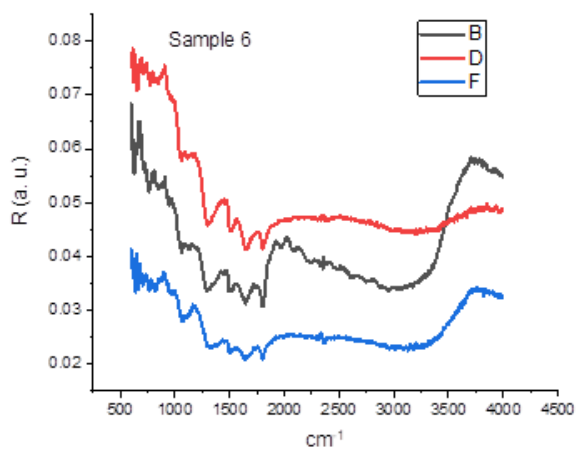
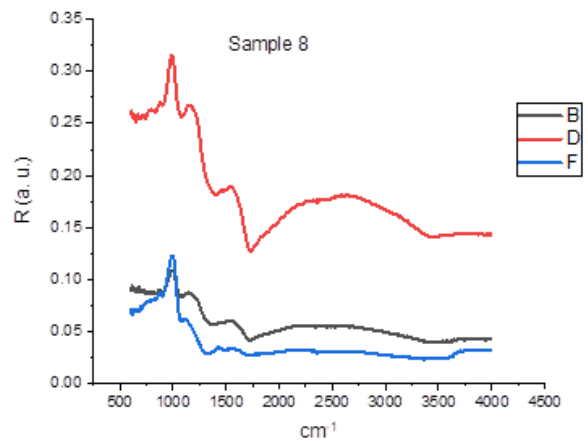
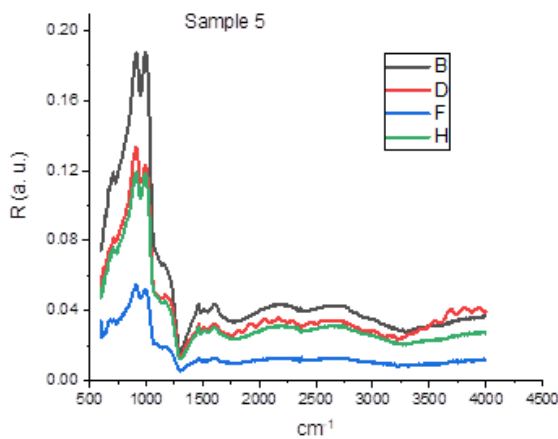
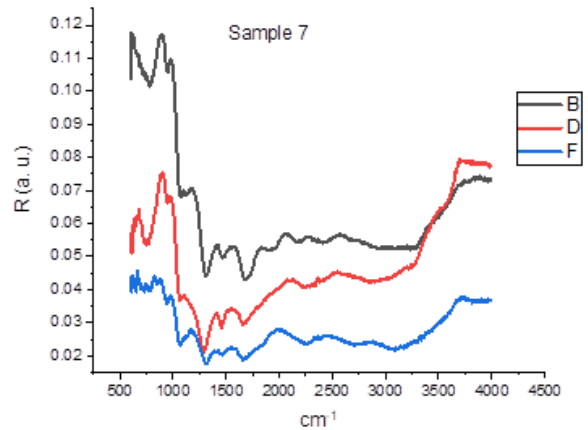
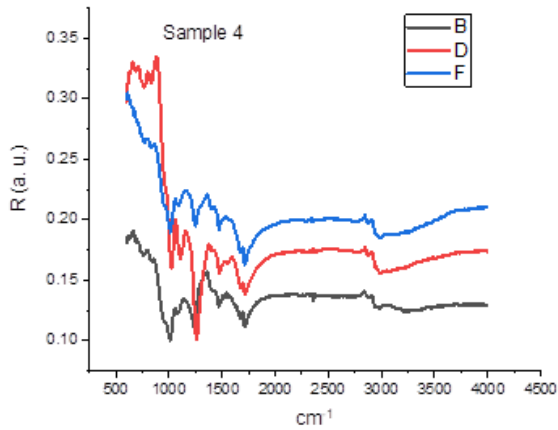


Рисунок 8 – Спектрограми зразків отриманих при 300°C :
4. Диметоат; 5. Фозолон; 6. Гліфосат

Рисунок 9 – Спектрограми зразків отриманих при 400°C :
7. Диметоат; 8. Фозолон; 9. Гліфосат

Отже, нами експериментально встановлено, що у окремих випадках низькотемпературний термоокислювальний метод може бути використаний для знешкодження НП замість високотемпературних енергозатратних технологій.

Досліджено також параметри скорочення емісії діоксинів при термічному знезараженні ПП та пестицидвмісних відходів. Каталізатором процесу синтезу діоксинів, який особливо інтенсивно перебігає в околі $T=250-450^{\circ}\text{C}$, можуть виступати серед інших – хлориди металів із золи та ін. При цьому найефективнішим методом придушення нового синтезу діоксинів та поліхлордифенілів є швидке охолодження димових газів, а також введення вапняку в зону горіння у відповідних співвідношеннях, наприклад: $\text{Ca}/\text{Cl}>4$. Отже, параметрами ефективного зменшення емісії є такі показники: температура газів з камери доспалювання вище 1150°C ; вміст кисню O_2 вихідних газів в межах 6%; час перебування та охолодження вихідних газів у камері згорання не менше 3-3,5 с; надлишок вапна (CaO) не нижче 2,5.

Так само проаналізовано склад, властивості та технологічні особливості очищення пічних газів від золи та пилу, вміст яких може сягати $200\text{ г}/\text{м}^3$ і більше при $\text{ГДК} \leq 80\text{ мг}/\text{м}^3$, тобто ступінь очищення має складати не менше 99%. Після знешкодження ПП пічний газ повинен мати такий склад (об'ємна частка, %): $\text{CO} - 85-80$; $\text{N}_2 - 5-10$; $\text{H}_2 - \text{до } 7$; $\text{CO}_2 - \text{до } 1$; $\text{PH}_3 - \text{до } 1,2$; $\text{O}_2 - 1-3$. При цьому також

треба мати на увазі можливість самозаймання пічного газу, тому на скидних газоходах встановлюють пальники.

Однак, у окремих випадках, часто термічні методи є неефективними, якщо мова йде про спалювання ПП з високим вмістом діючої речовини і низьким – наповнювача. У такому разі нами пропонується використовувати доступні реагентні методи, зокрема, на основі лужного гідролізу, рис. 10.

При цьому нами вперше сформульовано принцип оптимального методу знешкодження НП та ПВВ: якщо ПП складається переважно з наповнювача (тальк, вапно, сажа, органічні розчинники, вода, аміак тощо), тобто діючої речовини менше 50%, то така суміш потрапляє на термічне знешкодження, а якщо її більше 50%, то таку суміш доцільно знешкоджувати з допомогою реаген-

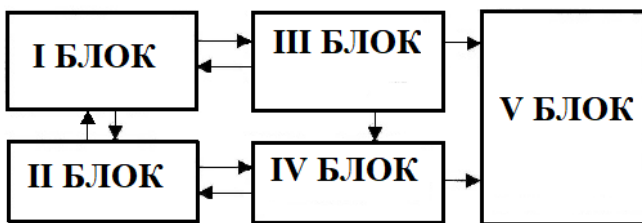


Рисунок 10 – Блочно-модульна технологічна схема реактної переробки хлорвмісних, сірковмісних та фосфорвмісних пестицидних препаратів на основі їх лужного гідролізу. При цьому:

I БЛОК – підготовка вхідних компонентів (ємність для пестициду; відцентровий насос; апарат для розчинення луку; лічильники води і луку);

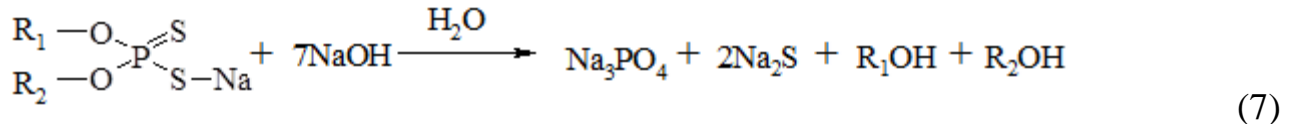
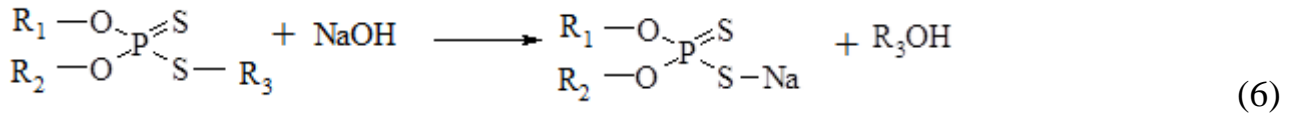
II БЛОК – основний процес (реактор декарбоксілювання; додатковий реактор);

III БЛОК – декантація і розділення (конденсатор; ємності для поділу рідини);

IV БЛОК – сушіння і поділу (ємності для хлороформу; нутч-фільтр);

V БЛОК – приймання готового продукту (випарні апарати).

тних методів, зокрема, лужного гідролізу з отриманням вторинних продуктів, переважно неорганічних та малотоксичних. У цьому контексті нами здійснено аналіз квантово-хімічних перетворень та розрахунків перебігу ліжного гідролізу на прикладі фосфор- та сірковмісних ПП за загальною схемою:



де $R_1=R_2=CH_3, C_2H_5, C_3H_7$; R_3 – компоненти фосфорвмісних та сірковмісних пестицидів.

Після реагентних перетворень продукти реакції були досліджені з допомогою хроматографічного аналізу, а також проведені відповідні розрахунки зарядів хімічних зв'язків між атомами зазначених ПП на базі методу Хартрі-Фока з базисом 3-21G, вбудованим у програму ChemBioOffice Ultra. Ця методологія дозволяє оптимізувати перебіг процесів лужного гідролізу і підтверджує, що на простому обладнанні (баки, ємкості) при незначних температурах до 100°C та з використанням лужних розчинів (NaOH, Ca(OH)₂ тощо) можна отримати цінну вторинну сировину (рециклінг) і «відходи перетворити в доходи».

Крім того, у розділі здійснено техніко-економічний аналіз існуючих мобільних комплексів термохімічного та плазмохімічного знешкодження непридатних ХЗР. Доцільність використання таких пересувних систем в Україні очевидна, адже НП та ПВВ розпорошені і зберігаються по всій державі на величезній кількості складів та сховищ. При цьому відсутні свої вітчизняні промислові потужності по знешкодженню та переробці таких відходів, а перезатарювання та транспортування до інших країн є вкрай фінансово затратним, іноді з корупційною складовою, небезпечним і з точки зору транскордонних перевезень – складним і недоцільним. Прикладів вдалої промислової реалізації мобільних установок у багатьох країнах світу є чимало. Таким чином, у роботі розглядаються схеми та переваги таких мобільних комплексів:

- пересувний плазмотермічний комплекс для переробки непридатних та неідентифікованих ПП та інших отрутохімікатів;
- пересувна установка спалювання та реагентної переробки промислових та побутових відходів.

При цьому нами до складу таких мобільних термічних систем запропоновано додати нескладний кунг (причіп) з відповідним обладнанням для додаткової реалізації саме реагентної переробки НП та ПВВ.

У роботі також подається техніко-економічне порівняння різних схем діючих промислових установок термічного знешкодження ПП із зазначенням конкретних параметрів по вартості знешкодження осадів рідких пестицидів, очищення газів та ін. В результаті констатується, що економічна доцільність застосування того чи іншого методу знешкодження відходів зводиться до забезпечення виконання сані-

тарно-гігієнічних вимог, економічних показників та норм екологічного законодавства.

П'ятий розділ «Розроблення оптимальних форм інтегрованого управління екологічною безпекою місць зберігання залишків НП, тари і упаковки та ремедіації, рекультивації і відновлення забруднених ними ґрунтів» присвячений, зокрема, аналізу методів відновлення забруднених пестицидами ґрунтів, де констатується, що території та ґрунти навколо сховищ отрутохімікатів вкрай забруднені просяккими ПП і потребують негайного розроблення заходів їх ремедіації, рекультивації та відновлення. При цьому приблизний масштаб екологічного лиха понад 10000 га, тобто 0,02 % від загальної площі держави. Наразі відомо багато інженерно-технологічних методів і шляхів відновлення ґрунтів від НП та ПВВ, однак технології їх очищення саме з багатократним перевищенням ГДК є недосконалі, вартісні та складні. В роботі наводиться зведена таблиця переваг і недоліків відомих методів забруднених ПП ґрунтів, а також новітні технології їх очищення та логістична схема відповідних відновлювальних робіт.

Нами також розроблені екологічно безпечні фіторемердіаційні методи відновлення забруднених ПП ґрунтів. При цьому у процесі біодеградації беруть участь резистентні мікроорганізми різних груп, табл. 5.

Таблиця 5 – Мікроорганізми, що використовуються для біодеградації пестицидів у ґрунті

Мікроорганізми	Пестицид
<i>Agrobacterium radiobacter</i>	Атразин
<i>Pseudomonas sp.</i>	
<i>Bacillus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Micrococcus sp.</i> , <i>Proteus sp.</i>	Ліндан
<i>Xanthomonas sp.</i>	Паратіон
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> , <i>A. nannoselene</i> , <i>Selenastrum capricornutum</i> , <i>S. gracile</i> , <i>S. minutum</i>	Флуометурон
<i>Streptomyces griseolus</i>	Похідні сульфонілсечовини
<i>Ps. fluorescens</i> , <i>Ps. paucimobilis</i>	Іпродіон
<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Хлор- та фосфорорганічні інсектициди і гербіциди
<i>Alcaligenes faecalis</i>	Хлорпіріфос
<i>Rhodopseudomonas palustris</i>	Орґанофосфорні інсектициди
<i>Anabaena variabilis</i>	Арезин, бута хлор, алахлор та 2,4-Д

Крім мікроорганізмів екологічно виваженим напрямом боротьби із забрудненням ґрунтів ПП є фіторемердіаційні методи: фітоекстракція, фітодеградація, фітоволоталізація, фітогідраліка, фітостабілізація, різодіфільтрація, різодегградація та інші. В результаті вивчення поведінки ґрунтів з нейтральною реакцією встановлено фіторемердіаційний потенціал деяких акумулюючих ПП рослин, зокрема, табл 6.

Таблиця 6 – Приклад фітореMediaційного потенціалу деяких рослин щодо відновлення ґрунтів забруднених пестицидами

Рослина	Пестицид	Ефективність	Ґрунт
Кабачок (<i>Cucurbita pepo</i> L.), квасоля (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	ДДТ	Накопичення 10-90 %	Сірий лісовий
Квасоля (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Трифлуралін, 10 ГДК	Надземна частина 373,9 мкг/кг сухої речовини	Чорнозем типовий ма-логумусний важкосуглинковий

Відтак, загальна схема очищення ґрунтів, зокрема, в умовах лісостепу України, від пестицидів комплексним методом виглядає так, рис. 11.

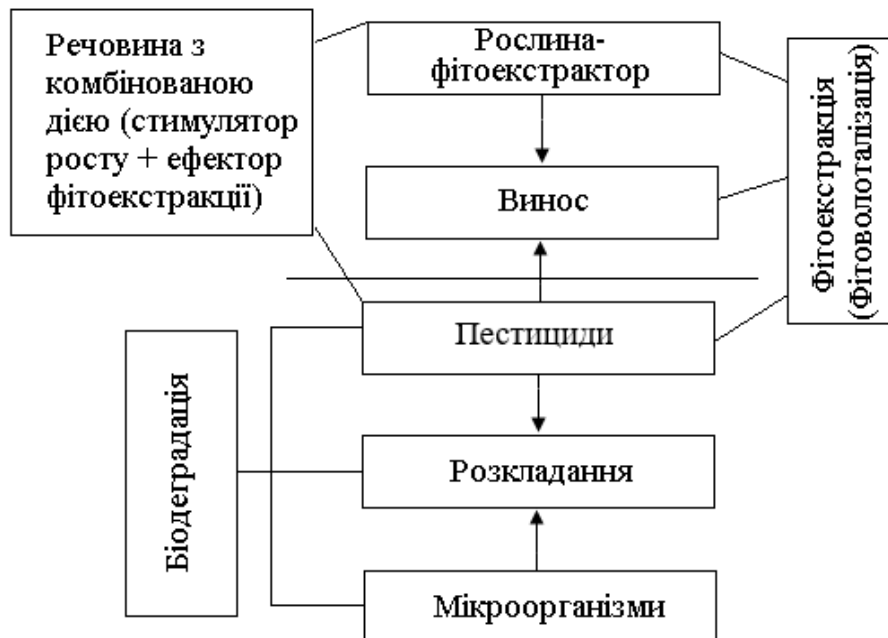


Рисунок 11 – Загальна схема очищення ґрунтів від пестицидів комплексним методом

При цьому **комплексний метод** базується переважно на біодеградації ПП з використанням резистентних мікроорганізмів та фітореMediaції рослинами гіперакумуляторами з можливим залученням ефекторів фітоекстракції та стимуляторів росту з допомогою азотфіксуючих бактерій у поєднанні, наприклад, з квасолею, соняшником, полином тощо.

Обґрунтована також екологічна небезпека непридатних складів та сховищ отрутохімікатів, яких тільки на Вінниччині нараховують ще понад 500. Вони наразі напівзруйновані, безхазяйні, із залишками у значній мірі некондиційних ПП та є джерелом екологічної небезпеки, рис. 12.



Рисунок 12 – Управлінська логістична схема поводження з безхозними складами непридатних пестицидів

У цьому ж підрозділі подано результати досліджень хімічного складу ґрунтів, методи оцінки ефективності рекультивацийних робіт, оцінки вартості робіт для ділянки складів площею в 1 га, а також агротехнологічні схеми відновлення ґрунтів та сільгоспугідь станом на 2020 рік. Розрахунки свідчать, що на відновлення території лиш одного складу площею 1 га необхідно залучити близько 180 тис. грн або близько 7 тис. дол. США.

Досліджено також не менш важливу проблему розроблення управлінської логістики з утилізації та переробки тари і упаковки з під пестицидів та інших небезпечних речовин та матеріалів. При цьому в Україні, на жаль, проблемі збору та утилізації забрудненої ППП порожньої тари не приділяється належної уваги. В результаті ретельного дослідження нами розроблена і запропонована логістична схема переробки та утилізації тари з під пестицидів, рис. 13.

Всі ці роботи здійснюються з дотриманням рекомендацій ВООЗ та ФАО. При цьому в Україні понад 96% таких відходів поступає на захоронення, у той час як у світі і ЄС – 40% на захоронення, 40% – переробка, 20% – спалювання. В результаті нами рекомендується інтенсифікувати процес організації системи збору та сортування таких відходів, а також створення відповідних ліцензованих підприємств по переробці не тільки НП та ПВВ, але й тари з-під них. Крім того, необ-

хідно всебічно розробляти власні та використовувати кращі світові технології з переробки та утилізації забрудненої ПП тари.



Рисунок 13 – Управлінська логістична схема переробки та утилізації тари з-під пестицидів

У розділі також здійснена оцінка відносної екологічної небезпеки органічних забруднювачів за допомогою удосконаленого нами методу екотоксів. При цьому, крім важливого параметру ЛД₅₀, необхідно враховувати всі особливості процесів розкладу ПП, їх міграції, метаболізму, токсичності тощо.

Важливо також встановити потенційний ризик від використання ПП та вторинних сполук для екосистем та біоценозів, використовуючи показник екотоксикологічної небезпечності або екотоксу (Е).

Дія ПП на об'єкти довкілля та токсикологічні властивості інсектицидів, розрахована за наведеною вище методикою, подана в табл. 7, рис. 14.

Таблиця 7 – Токсикологічні властивості інсектицидів

Міжнародна назва сполуки (Українська поширена назва)	ЛД ₅₀ , мг/кг	Середня норма витрати препарату (N), кг/га	Персистентність (P), тижні	Клас небезпеки	Фрази ризику**	Екологічна небезпека (E), екотокс
Асерфате (Ацетамідофос)	1400	1,31	0,42-0,84	III	Xn, N: R 22	3,93 10 ⁻⁴ - 7,86 10 ⁻⁴
Bifentrin (Талстар)	55	0,4	4,3-8,7	I	Xn: R22, R65	3,1273 10 ⁻² - 6,3273 10 ⁻²
Carbaryl (Карбатокс)	850	8	1-4	II	Xn, N, Carc Cat. 3.: R22, R36/37, R40, R50	9,412 10 ⁻³ - 37,647 10 ⁻³
Fipronil	750	0,2	4,8-17,4	II	Xn: R10, R20/21/22, R36,	1,28 10 ⁻³ - 4,64 10 ⁻³
Imidacloprid (Конфідор)	131	1	14,2-27	II	T: R23/25-48	0,108397 - 0,206107
Malathion (Карбофос)	400	0,8	0,14-0,43	II	F, Xn, N: R11, R38, R50/53, R65, R67	2,8 10 ⁻⁴ - 8,6 10 ⁻⁴
Permetrin	1725	0,1	2-4	III	Xn: R20/22 R43 N;R50/53	0,000116 - 0,000232
Trichlorfon (Хлорофос)	660	8,8	0,42-3,85	II	Xn, N: R21/22, R26, R36/38, R43, R50	5,6 10 ⁻³ - 51,333 10 ⁻⁴

Примітка: Xn – шкідливість, T – токсичність, Xi – Подразнення, N – небезпечність для навколишнього середовища, Carc. Cat – канцерогенність, Muta. Cat. – мутагенність.*Норма витрати(N) для пестицидів усереднюється.**Фрази ризику (англ. Risk Statements) – стандартні фактори ризику при поводженні з небезпечними речовинами, встановлені в додатку III директиви 67/548/ЕЕС Європейського союзу та перевидано у Директиву 2001/59/ЕС. Зазвичай, фрази ризику пишуться на упаковці пестициду та всіх інших небезпечних та шкідливих речовин.

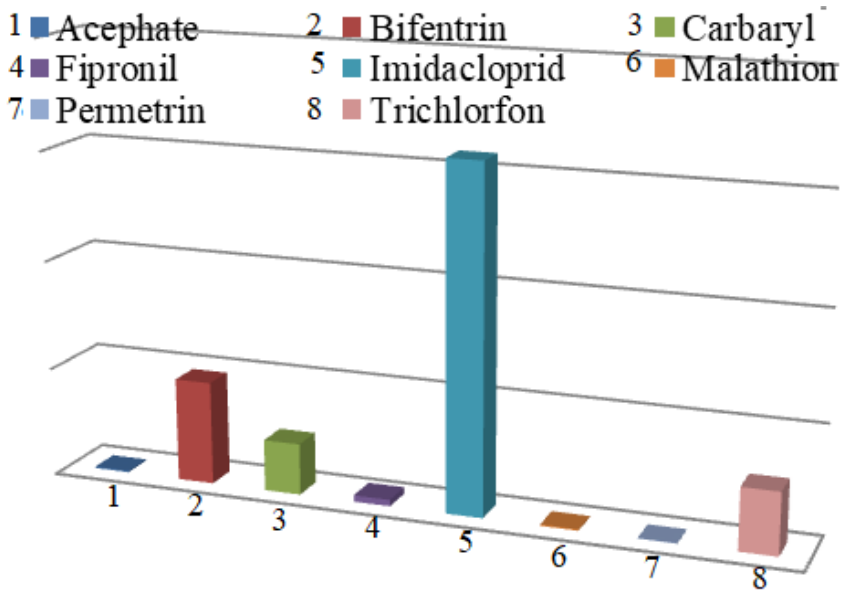


Рисунок 14 – Діаграма відносної екологічної токсичності інсектицидів

З цих даних випливає, що найнебезпечнішим інсектицидом для довкілля та живих систем є Імідаклопрід (торгова марка Конфідор (Баєр)), який використовується для боротьби, зокрема, з колорадським жуком, попелицею, сисними комахами тощо.

Аналогічні дані отримані для гербіцидів та фунгіцидів. Найнебезпечнішими з них є: Бенсулід та Дикват дибромід, які використовуються для

боротьби із широколистяними бур'янами тощо. Серед фунгіцидів особливою токсичністю виділяються два з них: Проприназол та Зірам, які використовуються для боротьби з грибками. Нами також здійснено дослідження токсичної дії ПП з врахуванням рН ґрунтового середовища, де встановлено, що підбираючи той чи інший пестицид з врахуванням параметрів кислотності (лужності) ґрунтів, можна суттєво знизити значення екотоксу, зменшити період напіврозкладу ПП, коригувати умови і кількості внесення пестицидів і, тим самим, значно зменшити екологічну шкоду довкіллю та людині. Результати також можуть бути використані при плануванні та розрахунках внесення ПП у різні ґрунти та сільськогосподарські культури.

У розділі 6 «Розроблення методології оптимальних форм управління при транспортуванні НП та небезпечних речовин і вантажів» розглянуті розроблені та удосконалені нами відомі моделі техногенно-антропогенних ризиків при транспортуванні небезпечних відходів. Підкреслюється, що транспортування небезпечних вантажів (ТНВ) становить загрозу, а наслідки транспортних подій (аварій) можуть бути катастрофічними для людей і природи. При цьому ризик, який супроводжує дорожнє перевезення небезпечних речовин, є складним, який залежить від багатофакторних коефіцієнтів, зокрема: густота руху, атмосферні умови, інші природні явища, дорожні аварії тощо. Тому найпоширеніша функція оцінки шляху або традиційна модель ризику є такою:

$$TR(l) = \sum_{i=1}^n p_i C_i, \quad (8)$$

або більш складні функції, які враховують у тому числі і загальну чисельність населення в регіоні впливу уздовж ділянки шляху. При цьому шлях l складається із ділянок $(1, 2, \dots, n)$; p_i – ймовірність виникнення аварії; C_i – величина, що

характеризує наслідки (збитки) на ділянці i . Крім того, індивідуальний ризик описується складною функцією, зокрема:

$$IR_p = \sum_{i=1}^{N_{rel}} \sum_{l=1}^{N_{seg}} f_{rel}(i,l) \left[\int_{Li} \bar{R}_{Q(t) \rightarrow P}(i) dt \right], \quad (9)$$

де L – дорожній маршрут; N_{rel} – кількість випадків витоків (аварій); f_{rel} – частота i -го випадку витоків (аварії); N_{seg} кількість прямих сегментів полігональної кривої; $Q(t)$ – точкове джерело ризику.

Оцінювання соціального ризику здійснюється за допомогою кривих $F(N)$, де F – частота всіх аварій, які призводять, частіше за все, до смерті N осіб. Тут враховуються місця скупчення людей (наприклад: школи, супермаркети, лікарні тощо), їх щільність, частка людей у приміщеннях і поза ними та ін. Для того, щоб оцінити кількість фактичних $N_{Q(i)}^{scen}(i,j,\theta)$ у точковому джерелі $Q(t)$ карти населення суміщаються з картами вразливості, що обертаються за відповідними напрямками вітру (θ). Якщо переносити карти вразливості вздовж маршруту та додавати інтегровані значення для усіх комбінацій зовнішній впливів, то можна одержати результативну криву $F(N)$.

Отже, методологія оцінки ступеня ризику транспортування НП та ПВВ може бути подана такою логічною схемою, представленою на рис. 15.



Рисунок 15 – – Методологія оцінювання ризиків транспортування небезпечних речовин та вантажів

горій; $d1$ і $d2$ – параметри, що характеризують геометричні особливості дороги, $d3$ – тип шосе, $d4$ – атмосферні умови, $d5$ – тип та інтенсивність руху, $d6$ – присутність аеродинамічних труб і мостів. Можуть бути інші d_j , від яких залежить аварійність (безаварійність) руху транспортних засобів.

Ця методика ілюструється картою можливих маршрутів перевезень небезпечних відходів з урахуванням можливих аварій, рис.16.

Отже, оцінка безпечності системи перевезення з урахуванням географічних, метеорологічних, демографічних та інших характеристик і параметрів дороги подається з допомогою **комплексного критерію**:

В роботі також обґрунтовано безпечні маршрути при перевезенні небезпечних відходів. Інноваційний підхід полягає у визначенні частоти нещасного випадку за виразом:

$$R = f(F) = f(F_0 \prod_{j=1}^n d_j), \quad (10)$$

де: R – частота, очікувана на i -тій ділянці дороги; n_j – номер подій; F_0 – основна частота [км нещасних випадків l на одну подію]; d_j – параметри дороги. Вони можуть бути поділені на n категорій;

$$\bar{R} = \frac{n}{D} K_n = \frac{L_j}{V_j} \sum_{i=1}^{S_j} \sum_{j=1}^M P_{ij} \cdot \sum_{i=1}^{S_j} \sum_{j=1}^M \left(\frac{d_{ij}}{v_{ij}} + t_{jk} \right) P_i \rightarrow \min, \quad (11)$$

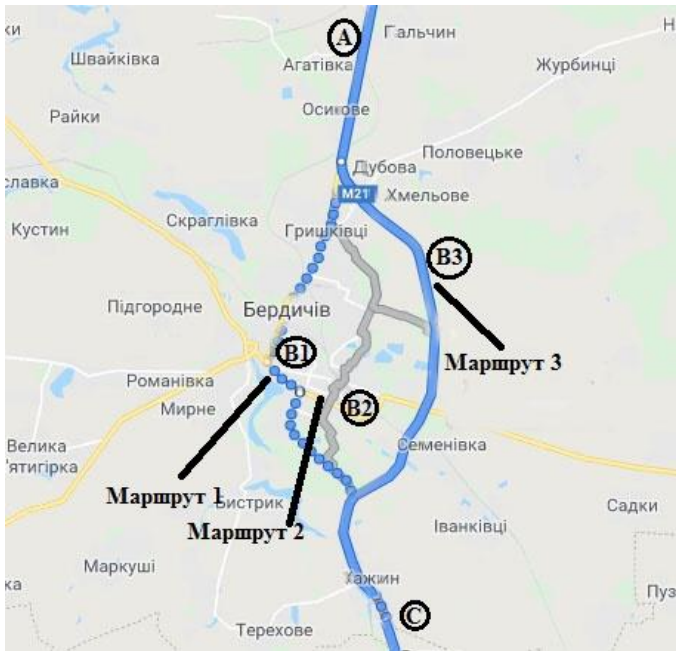


Рисунок 16 – Схема можливих маршрутів перевезень небезпечних відходів з урахуванням можливих наслідків настання транспортної події

де K_1 – мінімум людино-годин піддання населення аварії (критерій ризику для маршруту 1); K_2 – мінімум людино-годин дії факторів аварії до початку її ліквідації для маршруту 2. Ці критерії (можуть бути і інші – K_3 тощо) дозволяють оцінити безпечність системи перевезень та обраного маршруту.

Отже, запропонована методологія дозволяє передбачити можливі загрози і негативні наслідки для окремих людей і для соціальних груп населення, що опиняться в зоні ураження, а також усувати їх і управляти відповідними ризиками, наприклад, змінивши маршрути, технічні засоби, види транспорту тощо.

Сьомий розділ «Рекомендації з вдосконалення методологічної та нормативно-правової бази у сфері управління та поводження з НП та ПБВ» присвячений, зокрема, аналізу проблеми інтеграції природоохоронного законодавства у сфері поводження з відходами до вимог ЄС та європейських стандартів. При цьому законодавча база України потребує значної модифікації відповідно європейським Директивам, зокрема: 2008/98/ЄС (Про відходи, рамкова), 2006/21/ЄС (про управління відходами) та інші, рис.17,18.

У роботі також розрахована загальна відвернена шкода від забруднення компонентів НС пестицидами, яка тільки для Вінниччини може скласти понад 150 тис. дол. США, а також вивільняться понад 600 га земель, раніше зайнятих складами та сховищами пестицидів і мінеральних добрив з їхніми санітарно-захисними зонами.

Здійснено також техніко-економічне обґрунтування процесів знешкодження НП та ПБВ, де подана методика розрахунку економічного ефекту (або збитку), перелік капітальних витрат на рідного роду технологічні операції, обладнання та ін.

В результаті, розроблено науково-обґрунтовані рекомендації щодо реформування та вдосконалення системи управління і поводження з НП та ПБВ із застосуванням принципів відповідності засадам економіки замкненого циклу та концепції сталого (збалансованого) розвитку, а також ієрархії управління відходами,

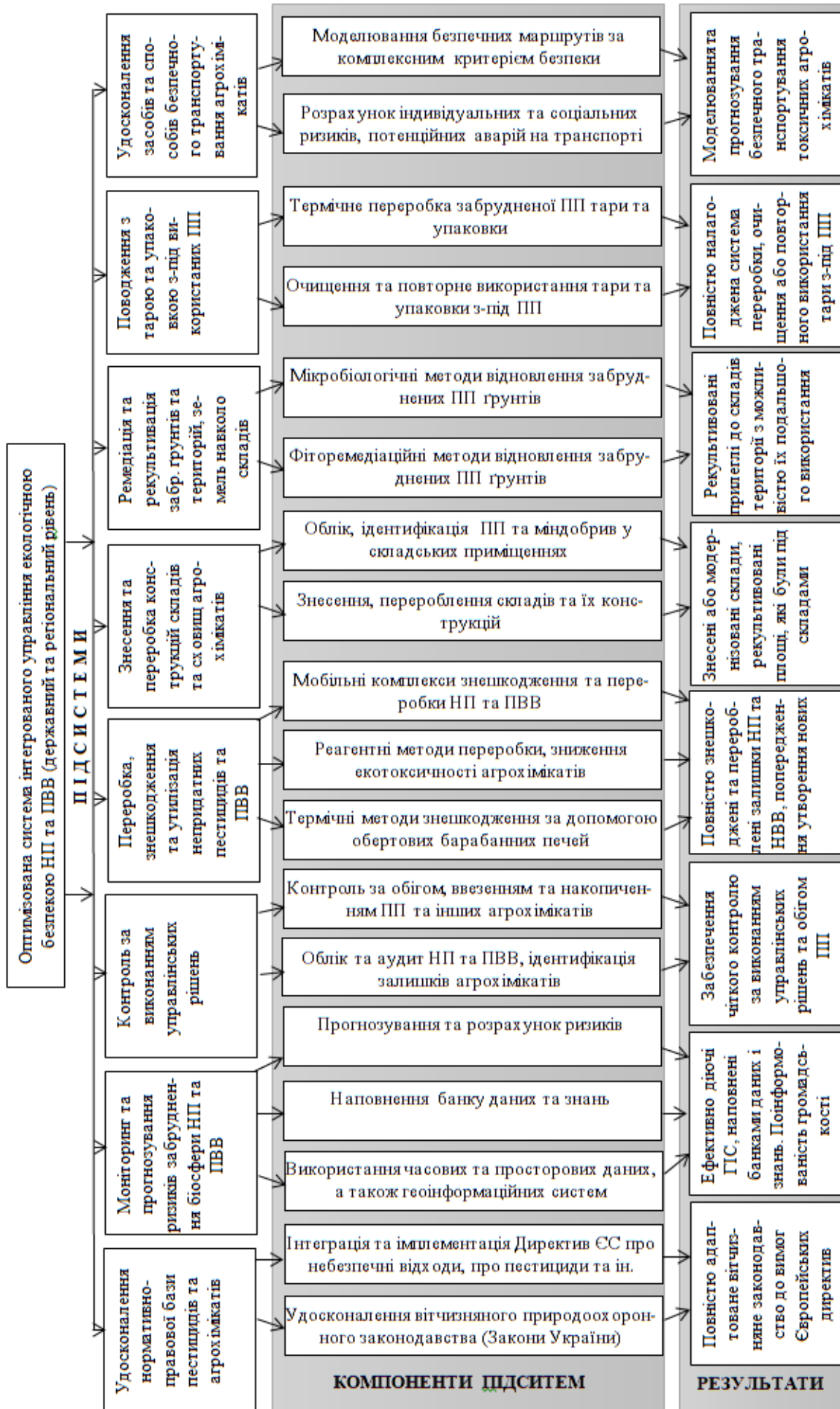


Рисунок 17 – Структурна схема оптимізованої системи інтегрованого управління екологічною безпекою НП та ПВВ (на рівні функціонування та взаємодії підсистем)

яка базується на пріоритеті запобігання утворенню відходів та повторного їх використання або рециклінгу, системності і спланованості, розширеної відповідальності виробника, інтеграції у ринок відходів ЄС та інші. Наводяться також економічні інструменти у сфері відходів та конкретні рекомендації щодо впровадження заходів по запобіганню утворення відходів.

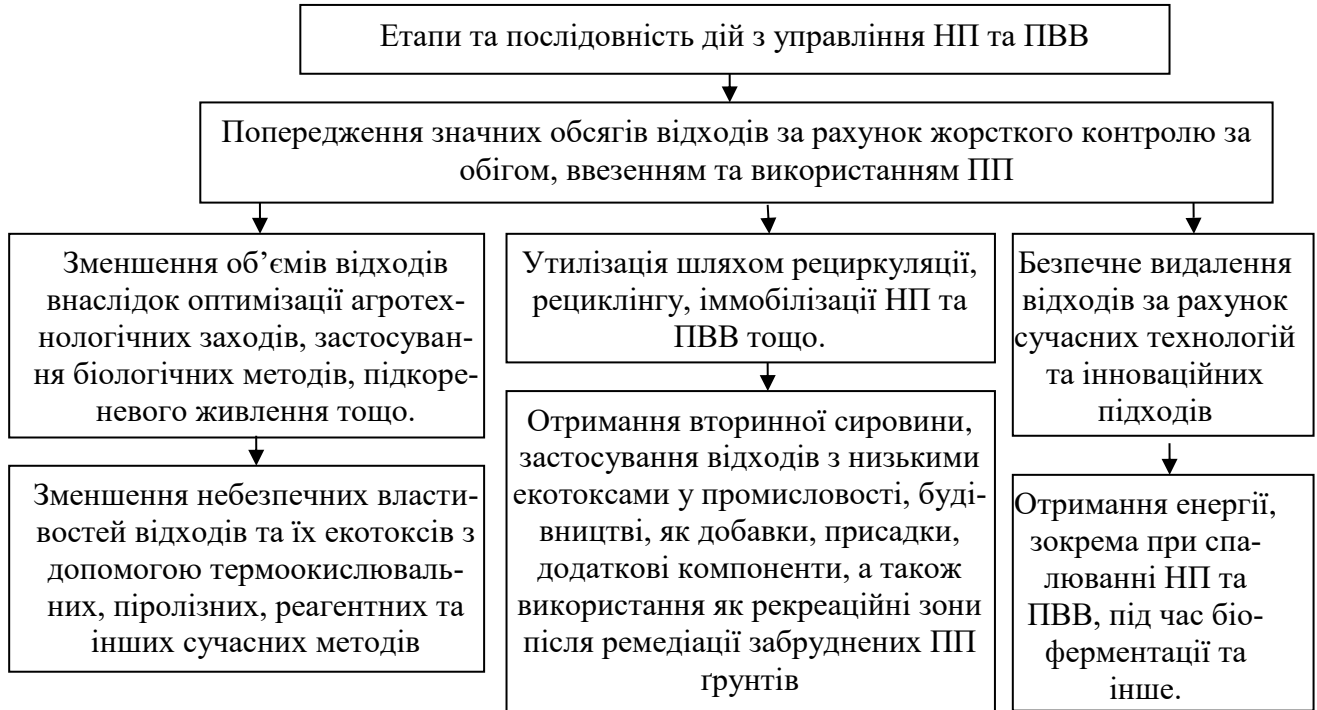


Рисунок 18 – Алгоритм послідовних дій в сфері управління відходами (в тому числі, з небезпечними)

Як випливає з рисунків 17,18, основоположними орієнтирами у сфері управління відходами в Україні має бути всебічне запобігання їх утворенню, рециклінг та переробка тих із них, що раніше накопичились, а також удосконалення та реформування діючої системи управління та поводження з відходами, у тому числі і у першу чергу, саме з небезпечними, отруйними, токсичними для людини і довкілля.

Отже, розроблена оптимізована система інтегрованого управління екологічною безпекою НП і ПВВ на підсистемному рівні дозволяє здійснювати інтегровано управлінські дії до усіх компонентів пестицидвмісних відходів, що дозволяє суттєво підвищити екологічну безпеку територій та у значній мірі вирішити проблему пестицидного забруднення у нашій державі.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі, яка є завершеною самостійно виконаною науковою працею, здійснено значний обсяг методологічних, теоретичних та експериментальних досліджень, внаслідок чого вирішена важлива науково-прикладна проблема наукового обґрунтування оптимальних форм саме інтегрованого управління екологічною безпекою у сфері пестицидвмісних відходів. Отже, на підставі цього можна сформулювати такі результати та висновки, а саме:

1. Здійснено ретельний аналіз сучасних проблем існуючої системи управління і поводження у сфері відходів, у першу чергу, непридатних пестицидів та інших небезпечних речовин на основі досвіду кращих світових тенденцій, зокрема, країн ЄС. В результаті виявлено вкрай критичний стан державної системи управління екологічною безпекою та поводження у сфері відходів, а також встановлено основні напрямки її удосконалення та реформування на базі принципів інтегрованості, системності, комплексності і стратегії збалансованого (сталого) розвитку.
2. Розроблено класифікацію сучасних ПП, зокрема, які використовуються в Україні, встановлено показники та класи небезпеки отрутохімікатів, досліджено токсикологічні характеристики та механізми токсичного впливу СОЗ на живі системи і довкілля.
3. З урахуванням хімічних загроз екологічній безпеці України та Вінниччини, зокрема, розроблено і науково обґрунтовано ряд організаційно-правових заходів, які дають можливість вирішити проблему небезпечних відходів у нашій державі, а також на рівні її регіонів.
4. Наведено сучасну методологію ідентифікації та досліджень НП та ПВВ, розроблено методики біотестування забруднених НП територій та водних об'єктів, зокрема, з використанням мультиспектральних засобів контролю та відповідних тест-об'єктів, а також обґрунтовано вибір оптимальних методів оцінки екологічних ризиків, наведено переваги системи NOAEL, ГДЕН та методу екотоксів.
5. Експериментально досліджено небезпечні фактори впливу хімічних забруднень, зокрема, НП та ПВВ, на здоров'я дитячого населення та теріофауну України, на забруднення та рівень токсичності водних середовищ, а також обґрунтовано їх фітотоксичний ефект за допомогою біоіндикації. Крім того, встановлено вплив пестицидвмісних компонентів ТПВ на людину і довкілля. При цьому однозначно доведено на прикладах різного роду живих систем і природних об'єктів вкрай токсичний вплив НП та ПВВ.
6. Здійснено наукове обґрунтування вибору оптимальних методів і засобів утилізації, переробки та знешкодження НП та ПВВ. Встановлено переваги термічних та реагентних методів їх знезараження. Досліджена термічна стійкість ПП, а також параметри скорочення емісії діоксинів та наведено технологічний та техніко-економічний аналіз найбільш прийнятних способів термічного розкладу НП та ПВВ, а також мобільних комплексів і систем термохімічного та плазмохімічного знешкодження ХЗЗР у місцях їх зберігання (зберігання).
7. Вперше з допомогою Брукеровської Фур'є ІЧ-спектроскопії встановлено ефекти низькотемпературної деструкції на прикладах сірко- та фосфорвмісних ПП в інтервалі температур 300-400°C, які полягають у повному розкладі діючих речовин з утворенням різних модифікацій пірокарбону та інших полімерних залишків, що підтверджує можливість використання такого низькоенергозатратного методу для знешкодження НП та ПВВ у місцях їх зберігання.

8. Виконані квантово-хімічні розрахунки перебігу лужного гідролізу, зокрема, фосфорвмісних ПП із застосуванням напівемпіричного методу Хартрі-Фока з базисом 3-21G та хроматографічного аналізу утворених малотоксичних продуктів реакції із суттєвим зменшенням екотоксичності, що дозволяє ефективно використовувати квантово-хімічні розрахунки при оптимізації умов знешкодження токсичних органічних речовин.
9. Розроблено і обґрунтовано оптимальні форми інтегрованого управління екологічною безпекою місць зберігання залишків НП та інших ХЗЗР, тари і упаковки, а також ремедіації, рекультивації і відновлення забруднених ними ґрунтів. Наведено схемно-технологічну та управлінську логістику відновлювальних робіт. Запропоновано екологічно-безпечні фіторемедіаційні методи. Також удосконалено методику оцінювання екологічної небезпеки органічних забруднювачів за допомогою методу екотоксів, що в умовах України може практично бути використано, зокрема, для розрахунків внесення ПП у різні за природою ґрунти і сільськогосподарські культури.
10. Удосконалено методологію оптимальних форм управління при транспортуванні НП та ПБВ, модифіковано моделі антропогенно-техногенних ризиків при перевезенні небезпечних відходів та вантажів, а також безпечних маршрутів з визначенням як індивідуальних, так і соціальних ризиків.
11. Проаналізовано стан інтеграції природоохоронного законодавства України до вимог і директив ЄС по відходах, у тому числі, і небезпечних. Наведено техніко-економічне обґрунтування з розрахунком відповідних капітальних витрат та збитків від забруднення НС, економічного ефекту від запропонованих методів, а також розроблено науково-обґрунтовані рекомендації щодо реформування та вдосконалення існуючої системи управління і поводження з НП та ПБВ на засадах економіки замкненого циклу (рециклінг) із застосуванням більш ефективної системи інтегрованого управління екологічною безпекою, запобігання утворенню відходів, їх мінімізації та стратегії (концепції) сталого (збалансованого) розвитку.
12. Розроблені і науково-обґрунтовані у дисертаційній роботі оптимальні форми інтегрованого управління екологічною безпекою небезпечних речовин та відходів знайшли своє впровадження та практичне використання, зокрема, у державних природоохоронних службах, приватних проектних екологічних організаціях та установах, а також у навчальному процесі при підготовці фахівців зі спеціальностей 101-екологія та 183-технології захисту навколишнього середовища. Відповідні акти впровадження та патенти України на корисну модель наведені у додатках до дисертації.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії у співавторстві:

1. Петрук Р.В. Комплексна переробка фосфорвмісних пестицидів до екологічно безпечних продуктів та рекультивація забруднених ґрунтів / Петрук Р.В., Ран-

ський А.П., Петрук В.Г.. – Вінниця: ФОП Барановська Т.П., 2014. – 137 с. – (Монографія). [<https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/140>]

Здобувач розробив комплексний метод переробки фосфоремісних пестицидів, узагальнив та обґрунтував результати дослідження.

2. Петрук Р.В. Аналіз сучасного екологічного стану Вінницької області / Петрук Р.В., Костюк В.В. – Вінниця: «Наукова ініціатива», 2016. – (Нілан ЛТД). – С. 44– 50. – (Монографія).

Здобувач розробив підрозділ аналізу хімічних загроз Вінниччини.

3. Household waste management. The European experience / [Petruk V.G., Stalder F., Petruk R.V. etc.]. – Vinnytsia: “Nilan-LTD”, 2016. – 183 с. – (Monograph). [<http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/13806>]

Здобувач є автором підрозділу пов'язаного з екологічною безпекою небезпечних компонентів побутових відходів та пестицидів.

4. Petruk R. Reliable safety routes for transportation of dangerous waste / R. Petruk, V. Khrutba, D. Nevedrov // Systemy I srodki transportu samochodowego. Efektywnosc I bezpieczenstwo. / R. Petruk, V. Khrutba, D. Nevedrov. – Politechnika rzeszowska: pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy., 2019. – (Monografia). – (Seria: Transport/). – С. 57–66.

Здобувач вдосконалив методику екологічно безпечних маршрутів переведення небезпечних відходів та матеріалів.

5. Multispectral Methods and Means of Water pollution Monitoring Using Macrophytes for Bioindication / Vasil Petruk, Serghii Kvaternyuk, Roman Petruk та ін.] // Water Security: Monograph. – Mykolaiv.: PMBSNU, 2016. – (Bristol: UWE). – С. P.131–142. – (Монографія).

Здобувач здійснив експериментальні дослідження біоіндикації пестицидів у водних об'єктах за допомогою фітопланктону.

Статті, які входять до наукометричних баз даних та фахових видань України

6. Petruk R.V., Petruk G.D., Bezvozyuk I.I., Kriklivii R.D.. Technological aspects of environmentally friendly processes of domestic phosphorites reduction Journal «Chemistry&Chemical Technology» Vol.10, No.1 2016. – P.55-62. [<http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/33204/1/8-55-62.pdf>]

Здобувач проаналізував технологічні аспекти екологічно безпечного поводження з фосфоремісними речовинами.

7. Петрук Р.В., Петрук В.Г., Березюк А.П. Екологічна безпека складів і сховищ отрутохімікатів і відновлення земель навколо них /Р.В. Петрук, В.Г. Петрук, А.П. Березюк/ Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 3/2013 (80).– С.197 - 202 [<https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/1162>]

Здобувач обґрунтував механізми забезпечення екологічної безпеки складів та сховищ пестицидів і мінеральних добрив, провів експериментальні дослідження.

8. Диха О.В., Білик А.П., Петрук Р.В. Випробування оптимального вмісту спеціальної присадки до індустріального мастила/ Диха О.В., Білик А.П., Петрук

Р.В/ Міжнародний науковий журнал «Проблеми трибології», № 2, 2013, С.55-58 [http://journals.khnu.km.ua/index.php/ProbTrib/article/view/138]

Здобувач провів випробування присадних матеріалів до індустриальних мастил отриманих в результаті переробки непридатних пестицидів.

9. Безвозюк І. І., Петрук Р. В., Мельник Т. В Аналіз властивостей деяких стійких органічних забруднювачів / Безвозюк І. І., Петрук Р. В., Мельник Т. В / Наукові праці ВНТУ, 2014, №3 [http://praci.vntu.edu.ua/article/view/3747]

Здобувач проаналізував хімічні загрози, що створюють пестициди та склав перелік найбільш небезпечних з них для України.

10. Р. В. Петрук, Г. Д. Петрук, П.М. Турчик Дослідження кінетичних аспектів екологічно безпечних процесів відновлення вітчизняних фосфоритів/ Р. В. Петрук, Г. Д. Петрук, П.М. Турчик/ Вісник ВПІ, №3 - 2015. – С.28-34 [https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/11885?locale-attribute=uk]

Здобувач дослідив кінетичні аспекти екологічно безпечних процесів відновлення фосфоритів та фосфорвмісних добрив.

11. Джерела екологічної небезпеки у провінції Ель-Оро Еквадору / М. К. Рамос, Р. В. Петрук, В.А. Іщенко, Петрук Г.Д./ Наукові праці ВНТУ №1 (7) – 2017 [https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/23245]

Здобувач проаналізував екологічні небезпеки пестицидів на прикладі провінції Ель-Оро Еквадору.

12. Roman V. Petruk, Vasyl G. Petruk, Vitalii A. Ishchenko, Sergey M. Kvaterniuk The concept of environmental safety of Vinnytsia region in the waste management sphere Environmental Problems, №1 - 2015. - P.39-44 [http://science.lpnu.ua/ep/all-volumes-and-issues/volume-1-number-1-2016/concept-environmental-safety-vinnytsia-region-waste]

Здобувач розробив концепцію поводження з пестицидною компонентою твердих побутових відходів у Вінницькій області.

13. Ishchenko Vitalii, Petruk Roman, Kozak Yana Hazardous household waste management in Vinnytsia region / Ishchenko Vitalii, Petruk Roman, Kozak Yana Hazardous / Environmental Problems, №1 - 2016. - P.27 [http://science.lpnu.ua/ep/all-volumes-and-issues/volume-1-number-1-2016/hazardous-household-waste-management-vinnytsia]

Здобувач проаналізував обсяги потрапляння пестицидів у побутові відходи.

14. Petruk R., Kostyuk V. Ecological Safety of Pesticide Use in Ukraine / Petruk Roman, Kostyuk Volodymyr / Environmental Problems, №2 - 2017. - P. 115-120 [http://science.lpnu.ua/ep/all-volumes-and-issues/volume-2-number-3-2017/ecological-safety-pesticide-use-ukraine]

Здобувач проаналізував та запропонував перелік найбільш небезпечних для довкілля пестицидів за допомогою методу екотоксів

15. Аналіз впливу техногенних загроз на екологічну безпеку природного середовища / Трач І.А., Петрук В.Г., Костюк В.В., Петрук Р.В. / Екологічні науки: науково-практичний журнал / Головний редактор О.І. Бондар. – К.: ДЕА, 2015.– №10-11.– 332 с. [http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2015/10-11/16.pdf]

Здобувач проаналізував пестицидні загрози екологічній безпеці компонентів навколишнього середовища

16. Петрук Р.В., Костюк В.В., Трач І.А. Метод біоіндикації екологічно забруднених територій / Петрук Р.В., Костюк В.В., Трач І.А. / Екологічні науки: науково-практичний журнал / Головний редактор О.І. Бондар. – К.: ДЕА, 2015.– №10-11.– 332 с. [<http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2015/10-11/30.pdf>]

Здобувач використав метод біоіндикації за допомогою цільових груп дитячого населення для виявлення екологічно забруднених територій

17. V Petruk, S. Kvaternuk, V. Pogrebennyk, R. Petruk, A. Kochanek Assessment of the complex effects of hazardous waste components in aquatic ecosystems Geolinks. International conference on geosciences / Conference proceedings / Greece. 26-29 March 2019, ISBN 978-619-7495-04-1 Book 3. Volume 1 / Novotel, Athens - p.p.19-27

Здобувач проаналізував токсичний вплив на водні мікроорганізми від небезпечних відходів

18. Petruk R. Environmental safety management of substandard pesticide residues and remediation and reclamation of contaminated soil / R. Petruk, M. Katkov. // Environmental Problems. – 2019., Vol. 4, Num. 3 – С. pp.125–129. [<https://doi.org/10.23939/ep2019.03.125>]

Здобувач розробив заходи екологічної безпеки відновлення забруднених пестицидами ґрунтів

19. Петрук Р.В. Аналіз екологічно безпечних методів відновлення забруднених пестицидами ґрунтів / Р.В. Петрук, Т.Ф. Яковишина // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2019. – С. 102–111.

[<http://ebzr.nung.edu.ua/index.php/ebzr/article/download/395/412>]

Здобувач провів аналіз методів екологічно безпечного відновлення ґрунтів забруднених пестицидами

20. Петрук Р. В. Методологія оцінювання зон ураження та наслідків від аварій під час транспортування небезпечних відходів / Роман Васильович Петрук // Екологічна безпека. – 2019. – С. 58–65.

[[http://www.kdu.edu.ua/ЕКВ_журнал/2019_1\(27\)/PDF/58_65.pdf](http://www.kdu.edu.ua/ЕКВ_журнал/2019_1(27)/PDF/58_65.pdf)]

Здобувач обґрунтував безпеку транспортування небезпечних відходів та провів аналіз можливих екологічних наслідків аварій

21. Петрук Р.В. Обґрунтування моделей техногенно-антропогенних ризиків і методології управління під час транспортування пестицидів та пестицидвмісних відходів / Роман Васильович Петрук // Екологічні науки: науково-практичний журнал / Головний редактор О.І. Бондар. – К.: ДЕА, 2019 - №2 (25). Т.1 – 220 с. С.191- 198 [<http://www.ecoj.dea.kiev.ua/archives/2019/2/34.pdf>]

Здобувач обґрунтував екологічні ризики та небезпеки під час транспортування пестицидів

22. Петрук Р.В. Аналіз методів оцінки екологічних ризиків впливів небезпечних речовин / Петрук Р.В., Петрук Г.Д., Костюк В.В. // Екологічні науки: науково-практичний журнал. – 2019., №1 (24). – С. 160–164. [http://www.ecoj.dea.kiev.ua/archives/2019/1/part_1/30.pdf]

Здобувач проаналізував існуючі методи оцінки екологічних ризиків хімічних речовин та запропонував модифіковану методіку визначення екотоксичності.

23. Петрук Р. В. Аналіз квантово-хімічних розрахунків перебігу лужного гідролізу як реагентного методу при знешкодженні фосфорвмісних пестицидів / Р. В.

Петрук, Г. Д. Петрук. // Збірник наукових праць національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. – 2019., №1 – С. 259–263. [<http://znp.nuos.mk.ua/archives/2019/1/38.pdf>]

Здобувач запропонував спосіб аналізу продуктів хімічних реакцій переробки пестицидів за допомогою квантово-хімічних розрахунків.

24. Аналіз фітотоксичного ефекту небезпечних пестицидних препаратів за допомогою біоіндикації / [Петрук, Р.В., Кравець, Н.М., Трач, І.А. та ін.]. // Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека». – 2019. – №6. – С. 42–48. [DOI: 10.5281/zenodo.3559014]

Здобувач дослідив за допомогою методу біотестування вплив пестицидів на клітини рослин на прикладі цибулі

25. Петрук Р.В. Аналіз хімічних загроз екологічній безпеці Вінницької області Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві Вінниця: 2020. – №2 (27). – С. 160-165. [<https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/664>]

Здобувач провів аналіз основних хімічних та екологічних загроз Вінниччини

26. Petruk R. Environmental safety management of used packaging of pesticides and other dangerous substances / Roman Peruk, Ihor Petrushka, Volodymyr Pohrebennyk // Environmental Problems. – 2020., Vol. 5, Num. 1 – С. pp. 30–34. [<http://science.lpnu.ua/uk/node/20962>]

Здобувач розробив рекомендації з екологічно безпечного поводження з пестицидною тарою

27. Multispectral television monitoring of contamination of water objects by using macrophyte-based bioindication / [R. Petruk, V. Pohrebennyk, S. Kvaternyuk etc.]. // International Multidisciplinary Scientific Geoconference "Sgem2016". – 2016. – С. P. 597–602. [<https://www.sgem.org/sgemlib/spip.php?article7474>]

Здобувач обґрунтував використання методу мультиспектрального моніторингу для виявлення хімічних забруднень водних об'єктів

28. Multispectral control of water bodies for biological diversity with the index of phytoplankton / [V. Martsenyuk, Petruk V. G., Petruk R. V. та ін.]. // 16th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2016). – 2016. – С. P. 988–993. [<https://ieeexplore.ieee.org/document/7832429>]

Здобувач обґрунтував використання фітопланктону в якості біоіндикатора пестицидних забруднень природних вод

29. Assessment of chlorinated water impact on phytoplankton / [O. Styskal, V. Ishchenko, R. Petruk та ін.]. // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2016. – 2016. – С. pp. 373–380. [<https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/13807>]

Здобувач обґрунтував екологічний вплив хлорування на водні екосистеми на прикладу фітопланктону.

30. Increasing the accuracy of multispectral television measurements of phytoplankton parameters in aqueous media / S.Kvaternyuk, V. Pohrebennyk, R. Petruk, O. Kvaternyuk. // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2017., – 2017. – №17. – С. pp. 219–225. [<https://www.sgem.org/sgemlib/spip.php?article10980>]

Здобувач проаналізував та обґрунтував метод вимірювання впливу на водні мікроорганізми на прикладі фітопланктону

31. Indirect measurements of the parameters of inhomogeneous natural media by a multispectral method using fuzzy logic [Електронний ресурс] / [S. Kvaternyuk, O. Kvaternyuk, R. Petruk та ін.] // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: [https://doi.org/10.1117/12.2501636.]

Здобувач обґрунтував використання нечіткої логіки для мультиспектральних методів вимірювання параметрів забруднення водних об'єктів

Підручники та навчальні посібники

32. Технології захисту навколишнього середовища (захист атмосфери) /Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В. та ін/ Підручник. – Херсон: Олді-плюс. – 2019. – 432 с.

33. Технології захисту навколишнього середовища. Частина 2. Методи очищення стічних вод /Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В. та ін/ Підручник. – Херсон: Олді-плюс. – 2019. – 298 с.

34. Технології захисту навколишнього середовища. Частина 3. Сталий менеджмент та ресурсна ефективність /Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В. та ін/ Підручник. – Херсон: Олді-плюс. – 2019. – 230 с.

35. Технології захисту навколишнього середовища. Частина 4. Технології поводження з відходами харчових виробництв /Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В. та ін/ Підручник. – Херсон: Олді-плюс. – 2019. – 520 с.

36. Екологія з основами біобезпеки. Частина 1. Інградієнтне забруднення /Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В. та ін/ Навчальний посібник для практичних занять. – Херсон: Олді-плюс. – 2019. – 196 с.

37. Вступ до фаху: Підручник / М.О. Клименко, В.Г. Петрук, О.В. Мудрак, Р.В. Петрук, Л.В. Клименко, Н.В. Гнілуша. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. – 428с.

Публікації в матеріалах конференцій:

38. Петрук В. Г. Оптимізація системи інтегрованого управління та поводження з твердими побутовими відходами у Вінницькій області / Петрук В. Г., Іщенко В. А., Петрук Р. В., Кватернюк С. М. // Збірник доповідей НТК «Екологічна безпека та відновлювані джерела енергії». – 24.25 травня 2017 р. – 2017. – С. 78–82.

39. Петрук В.Г. Методологія формування державного стандарту різних рівнів освіти з нової спеціальності 183 - Технології захисту навколишнього середовища / Петрук В.Г., Петрук Р.В. // Екологічна стратегія майбутнього: досвід і новації: матеріал. Всеукр. НПК (30-31 березня 2017р., Умань – Умань: видавець «Сочінський М.М.». – 2017. – С. 131– 134.

40. Телевізійний вимірювальний контроль забруднення води хлорорганічними сполуками методом біоіндикації по фітопланктону / Петрук В.Г., Кватернюк С.М., Петрук Р.В. та ін.]. // Збірник тез доповідей сьомої міжнародної науково-технічної конференції «Оптоелектронні інформаційні технології «Фотоніка ОДС-2015», м.Вінниця, 21-23 квітня 2015 року. – Вінниця: ВНТУ. – 2015. – С. 120.

41. Методи відновлення земель забруднених пестицидами та їх еколого-економічне обґрунтування / Петрук В.Г., Петрук Р.В., Безвозюк І.І., Березюк А.П.. // “IV Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю” (Екологія/Ecology-

2013), 25-27 вересня, 2013. Збірник наукових статей. – Вінниця: Видавництво-друкарня Діло. – 2013. – С. 394–398.

42. Петрук В.Г. Екологічна безпека складів та сховищ отрутохімікатів і відновлення земель навколо них / Петрук В.Г., Петрук Р.В., Безвозюк І.І. // “IV Всеукраїнський з’їзд екологів з міжнародною участю” (Екологія/Ecology-2013), 25-27 вересня, 2013. Збірник наукових статей – Вінниця: Видавництво-друкарня Діло. – 2013. – С. 392–394.

43. Петрук Р.В. Розробка оптимальних маршрутів перевезення ТПВ у Вінницькій області / Петрук Р.В., Петрова О.А., Петрук Г.Д. // V-й Всеукраїнський з’їзд екологів з міжнародною участю, 23-26 вересня, 2015. Збірник наукових праць. – Вінниця: ТОВ "Нілан-ЛТД". – 2015. – С. 50.

44. Федоренко Т.Б. Медико-екологічні аспекти захворювань дітей / Федоренко Т.Б., Погорілий В.В., Петрук Р.В. // V-й Всеукраїнський з’їзд екологів з міжнародною участю, 23-26 вересня, 2015. Збірник наукових праць. – Вінниця: ТОВ "Нілан-ЛТД". – 2015. – С. 55.

45. Ллорі Дж. Екологічно-безпечні методи відновлення територій і акваторій забруднених нафтопродуктами / Ллорі Дж., Петрук Р.В. // V-й Всеукраїнський з’їзд екологів з міжнародною участю, 23-26 вересня, 2015. Збірник наукових праць. – Вінниця: ТОВ "Нілан-ЛТД". – 2015. – С. 223.

46. Рамос К. Дослідження екологічної безпеки продуктів сільського господарства Екватору / Рамос К., Петрук Р.В. // V-й Всеукраїнський з’їзд екологів з міжнародною участю, 23-26 вересня, 2015. Збірник наукових праць. – Вінниця: ТОВ "Нілан-ЛТД". – 2015. – С. 224.

47. Петрук Р.В. Аналіз впливу техногенних загроз на екологічну безпеку теріофауни України/ Петрук Р.В., Трач І.А., Костюк В.В./ Шостий Всеукраїнський з’їзд екологів з міжнародною участю, м. Вінниця, 20-22 вересня, 2017: збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2017. – С.37.

48. Петрук Р.В. Метод функціональної екологічної експертизи/ Петрук Р.В., Костюк В.В., Безсмертна Г.В. / Шостий Всеукраїнський з’їзд екологів з міжнародною участю, м. Вінниця, 20-22 вересня, 2017: збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2017. – С.38.

49. Петрук Р.В. Розробка концепції екологічної безпеки у сфері управління та поводження з відходами Вінниччини / Петрук Р.В., Костюк В.В./ Шостий Всеукраїнський з’їзд екологів з міжнародною участю, м. Вінниця, 20-22 вересня, 2017: збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2017. – С.73.

50. Петрук Р.В. Біоіндикація як метод виявлення зон екологічної небезпеки забруднених територій України / Петрук Р.В., Костюк В.В./ Шостий Всеукраїнський з’їзд екологів з міжнародною участю, м. Вінниця, 20-22 вересня, 2017: збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2017. – С.142.

51. Петрук Р.В. Аналіз екологічних небезпек ХЗЗР України / Петрук Р.В., Петрук Г.Д./ Шостий Всеукраїнський з’їзд екологів з міжнародною участю, м. Вінниця, 20-22 вересня, 2017: збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2017. С.206.

52. Петрук Р.В. Оцінювання екологічного ризику від забруднення ґрунтів та територій складів з пестицидами/ Р.В. Петрук/ VII-й Всеукраїнський з’їзд екологів з

міжнародною участю, 25-27 вересня, 2019. Збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2019. – С.45.

53. Петрук Р.В. Аналіз методів відновлення забруднених ґрунтів за допомогою рослин/ Р.В. Петрук, Яковишина Т.Ф. / VII-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю, 25-27 вересня, 2019. Збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2019. – С.46.

54. Петрук Р.В. Дослідження фітотоксичності пестицидів за допомогою біоіндикації/ Р.В. Петрук, Н.М. Кравець, С.М. Кватернюк / VII-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю, 25-27 вересня, 2019. Збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2019. – С.181.

55. Петрук Р.В. Екологічна безпека побутових будівельних матеріалів та їх вплив на довкілля / Р.В. Петрук, Л.І. Шевчук / Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Проблеми сучасної екологічної освіти» 13-14 жовтня 2014. – Київ: НУБіП, 2014. – С. 53-54.

56. Петрук Р.В. Оптимізація системи вивезення ТПВ Вінницької області / Р.В. Петрук, Л.І. Шевчук, О.А. Петрова / Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Проблеми сучасної екологічної освіти» 13-14 жовтня 2014. – Київ: НУБіП, 2014. – С. 57-58.

57. Аналіз стану полігонів і сміттєзвалищ Вінницької області/ Р. В. Петрук, В.А. Іщенко, О. А. Петрова, О.І. Крот/ Екологічна безпека держави: тези доповідей IX Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів. м. Київ, 16 квітня 2015 р., Національний авіаційний університет / редкол. О. І. Запорожець та ін. – К. : НАУ, 2015. – С. 168.

58. Петрук Р.В. Проблеми перезатарювання пестицидів / Р.В. Петрук, Г.Д. Петрук / Актуальні питання підготовки майбутнього вчителя хімії: теорія і практика: збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції / За заг. ред. О.А. Блажка. – Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. – С. 150.

59. Петрук Р.В. Прикладні аспекти проблеми перезатарювання пестицидів / Р. В. Петрук, Г. Д. Петрук, К. Рамос / Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю "Надзвичайні ситуації: безпека та захист", 9-10 жовтня 2015. – Черкаси: Національний університет цивільного захисту України, 2015. – С. 87.

60. Петрук В.Г. та ін. Оптимізація системи інтегрованого управління та поводження з твердими побутовими відходами у Вінницькій області / В.Г. Петрук, В.А. Іщенко, Р.В. Петрук, С.М. Кватернюк/ Екологічна безпека та відновлювальні джерела енергії. Збірник доповідей Міжнародної науково-технічної конференції, 24-25 травня 2017 р. - Вінниця, ВНТУ, 2017. – С.78-82.

61. Петрук Р.В. Аналіз способів оцінки екологічних ризиків / Р. В. Петрук, В. Г.Петрук, В. В. Костюк/ Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2018) [Електронне мережне наукове видання] : збірник доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – С. 1834.

62. Петрук Р.В. Порівняльний аналіз способів поводження з ТПВ в Україні та країнах світу /Р. В. Петрук, А. В. Гороховська/ Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного універ-

ситету (НТКП ВНТУ–2018) [Електронне мережне наукове видання] : збірник доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – С. 1846

63. Петрук Р.В. Розробка заходів екологічної безпеки роботи сміттесортувальної станції смт. Мурованих Куриловець /Р. В. Петрук, Ю. Монастирська/ Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2018) [Електронне мережне наукове видання] : збірник доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – С. 1864

64. Петрук Р.В. Аналіз проблеми застосування методів оцінки екологічних ризиків / Петрук Р.В., Костюк В.В./ Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції —Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи. – Львів : ЛДУБЖД, 2018. – С.47-48.

65. Петрук Р.В. Екологічна паспортизація населення / Петрук Р.В., Костюк В.В./ 5-й Міжнародний конгрес “Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування”: збірник матеріалів. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. – С.76.

66. Петрук Р.В. Аналіз існуючих методів оцінки екологічних ризиків/ Петрук Р.В., Іщенко В.А., Костюк В.В./ Екологічна наукова діяльність: в концепції сталого розвитку. Збірник статей науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Житомир, 4 грудня 2018. - Житомир: Вид-во ЕЦ «Укрекобіокон», 2018. – С. 234.

67. Петрук Р.В. Розвиток наукових основ управління екологічною безпекою некондиційних пестицидних препаратів у Вінницькій області /Р.В. Петрук, В.В. Костюк / Матеріали XLVIII науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2019) : збірник доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – С.1601.

Патенти України на корисну модель:

68. Пат №99580 на корисну модель України МПК G01N 21/21 Спосіб мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю екологічного стану водних об'єктів за параметрами фітопланктону/ Петрук В.Г., Кватернюк С.М., Кватернюк О.Є., Петрук Р.В./ заявник і патентовланик Вінницький національний технічний університет. – u201500058 заявл. 05.01.2015; опубл. 10.06.2015, бюл. № 11.

69. Пат №139385 на корисну модель України МПК B09C 1/00 Спосіб прискореного визначення забруднення ґрунту хлорорганічними пестицидами лінійним джерелом забруднення / Катков М. В., Буланова А. А., Юрченко А. І., Пастернак В. П., Петрук Р. В./ заявник і патентовланик Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова. – u201902649 заявл. 18.03.2019; опубл. 10.01.2020, бюл. № 1

70. Пат № 139979 на корисну модель України МПК B09C 1/00 Спосіб визначення забруднення ґрунту хлорорганічними пестицидами точковим джерелом забруднення / Катков М. В., Буланова А. А., Юрченко А. І., Пастернак В. П., Петрук Р. В./ заявник і патентовланик Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова. – u201902646 заявл. 18.03.2019; опубл. 10.02.2020, бюл. № 3.

71. Пат № 141742 на корисну модель України МПК B09B 3/00 Спосіб обробки небезпечних відходів / Ключев О. М., Крайнов І. П., Богданюк І. В., Сабадаш В. В.,

Угровецький О. П., Свідерський О. О., Петрук Р. В./ заявник і патентовланик Харківський науково-дослідний інститут судових експертиз ім. засл. проф. М.С. Бокаріуса. – u201910157 заявл. 03.10.2019; опубл. 27.04.2020, бюл. № 8

АНОТАЦІЯ

***Петрук Р.В.* Наукове обґрунтування оптимальних форм інтегрованого управління екологічною безпекою непридатних пестицидів та пестицидвмісних відходів**

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Державна екологічна академія післядипломної освіти і управління, Київ, 2020. Спеціалізована вчена рада Д 26.880.01.

Дисертаційна робота присвячена обґрунтуванню оптимальних форм інтегрованого управління екологічною безпекою непридатних пестицидів та пестицидвмісних відходів (НП та ПВВ).

Обґрунтовано негативний вплив пестицидів та їх метаболітів на живі системи, у тому числі за допомогою використання методу біодіагностики та біоіндикації на прикладі тестування дитячого населення, дослідних рослин та теріофауни України. Проаналізовано методи оцінки екологічних ризиків від впливів небезпечних речовин та запропоновано використання вдосконаленої методики екотоксів для оцінки ризиків впливу пестицидів на довкілля. Досліджено особливості небезпечних компонентів твердих побутових відходів та обґрунтовано небезпеку потрапляння залишків пестицидів та пестицидної тари до побутових відходів та довкілля.

Наведено наукове обґрунтування переваг сучасних термічних методів знезараження пестицидів, що дало можливість запропонувати нові технологічні рішення знешкодження непридатних ХЗЗР, а також проведено аналітичні дослідження фізико-хімічних характеристик термічної стійкості пестицидів, що дозволило виявити оптимальні методи їх термічної утилізації.

Розроблено оптимальні форми інтегрованого управління екологічною безпекою місць зберігання залишків непридатних пестицидів, тари і упаковки та ремедіації, рекультивації і відновлення забруднених ними ґрунтів. Запропоновано екологічно безпечні фіторемедіаційні методи відновлення забруднених пестицидами ґрунтів, а також розроблено методи поводження із складами та сховищами пестицидів та землями навколо них, що дало можливість розробити відповідну логістику управлінських дій відновлення територій з використанням резистентних мікроорганізмів та фіторемедіацію.

Розроблено методологію оптимальних форм управління при транспортуванні непридатних пестицидів та небезпечних відходів з подальшою їх оптимізацією та мінімізацією ризиків, а також запропоновано методологію оцінювання зон ураження та наслідків від ймовірних аварій під час транспортування небезпечних відходів.

Запропоновано перелік науково-обґрунтованих рекомендацій щодо реформування та вдосконалення системи управління і поводження з НП та ПВВ, які дозволяють оптимізувати систему державного управління та поступово і остаточно вирішити проблему небезпечних відходів в Україні.

Ключові слова: екологічна безпека, захист довкілля, утилізація пестицидів, термічна переробка, відновлення ґрунтів, транспортування небезпечних речовин, екологічні ризики, екотокс.

АННОТАЦІЯ

Петрук Р.В. Научное обоснование оптимальных форм интегрированного управления экологической безопасностью непригодных пестицидов и пестицидосодержащих отходов

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 21.06.01 - экологическая безопасность. - Государственная экологическая академия последипломного образования и управления, Киев, 2020. Специализированный ученый совет Д 26.880.01.

Диссертация посвящена обоснованию оптимальных форм интегрированного управления экологической безопасностью непригодных пестицидов и пестицидосодержащих отходов (НП и ПСО).

Обоснованно опасное влияние пестицидов и их метаболитов на живые системы, в том числе посредством использования метода биодиагностики и биоиндикации на примере тестирования детского населения, подопытных растений и териофауны Украины. Проанализированы методы оценки экологических рисков от воздействий опасных веществ и предложено использование усовершенствованной методики экотоксов для оценки рисков воздействия пестицидов на окружающую среду. Исследованы особенности опасных компонентов твердых бытовых отходов и обоснованно опасность попадания остатков пестицидов и пестицидной тары в бытовые отходы и окружающую среду.

Приведены научное обоснование преимуществ современных термических методов обезвреживания пестицидов, что позволило предложить новые технологические решения обезвреживания непригодных ХСЗР, а также проведены аналитические исследования физико-химических характеристик термической устойчивости пестицидов, что позволило выявить оптимальные методы их термической утилизации.

Разработаны оптимальные формы интегрированного управления экологической безопасностью мест хранения остатков непригодных пестицидов, тары и упаковки, а также ремедиации, рекультивации и восстановления загрязненных ими почв. Предложено экологически безопасные фиторемедиационные методы восстановления загрязненных пестицидами почв, а также разработаны методы обращения со складами и хранилищами пестицидов и землями вокруг них, что позволило разработать соответствующую логистику управленческих действий восстановления территорий с использованием резистентных микроорганизмов и фиторемедиации.

Разработана методология оптимальных форм управления при транспортировке непригодных пестицидов и опасных отходов с последующей их оптимизацией и минимизацией рисков, а также предложена методология оценки зон поражения и последствий от возможных аварий при транспортировке опасных отходов.

Предложен перечень научно-обоснованных рекомендаций по реформированию и совершенствованию системы управления и обращения с НП и ПСО, которые позволяют оптимизировать систему государственного управления и постепенно, но окончательно решить проблему опасных отходов в Украине.

Ключевые слова: экологическая безопасность, защита окружающей среды, утилизация пестицидов, термическая переработка, восстановление почв, транспортировка опасных веществ, экологические риски, экотокс.

SUMMARY

Petruk R.V. Scientific substantiation of optimal forms of integrated management of ecological safety of unsuitable pesticides and pesticide-containing wastes

The dissertation for obtaining a scientific degree of the Doctor of Engineering Sciences in specialty 21.06.01 - ecological safety. - State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management, Kyiv, 2020. Specialized Academic Council D 26.880.01.

The thesis is devoted to substantiation of optimal forms of integrated management of ecological safety of unsuitable pesticides and pesticide-containing wastes (UP and PCW).

The negative impact of pesticides and their metabolites on living systems is substantiated, including through the use of biodiagnostics and bioindication on the example of testing children, experimental plants and theriofauna of Ukraine. Methods for assessing the environmental risks from the effects of hazardous substances are analyzed and the use of an improved method of ecotoxics to assess the risks of pesticide effects on the environment is proposed. The peculiarities of hazardous components of solid household waste have been studied and the danger of pesticide residues and pesticide containers entering household waste and the environment has been substantiated.

The scientific substantiation of the advantages of modern thermal methods of pesticide disinfection is given, which made it possible to offer technological solutions for neutralization of unusable UP and PCW, as well as analytical studies of physicochemical characteristics of thermal stability of pesticides, which allowed to identify optimal methods of thermal utilization.

Optimal forms of integrated environmental safety management of storage sites for unusable pesticides, containers and packaging and remediation, reclamation and restoration of contaminated soils have been developed. Ecologically safe phytoremediation methods of restoration of pesticide-contaminated soils are proposed, as well as methods of treatment of pesticide warehouses and storages and lands around them are developed, which allowed to develop appropriate logistics of restoration of territories with the use of resistant microorganisms and phytoremediation.

The methodology of optimal forms of management during transportation of unusable pesticides and hazardous waste with their further optimization and minimization of risks is developed, and also the methodology of estimation of zones of defeat and consequences from probable accidents during transportation of hazardous waste is offered.

A list of recommendations for reforming and improving the system of management and treatment of UP and PCW, which allow to optimize the system of public admin-

istration and gradually and definitively solve the problem of hazardous waste in Ukraine.

Key words: ecological safety, environmental protection, pesticide utilization, thermal processing, soil restoration, transportation of dangerous substances, ecological risks, ecotox.

Підписано до друку 11.08.2020 р. Формат 29,7x42¼

Наклад 100 прим. Зам. № 2020-002

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95. Тел.: 59-81-59