

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»

Кваліфікаційна праця
на правах рукопису

ПЕТРУК РОМАН ВАСИЛЬОВИЧ

Прим.№ _____

УДК 504;632.95:661.169;332.142

ДИСЕРТАЦІЯ

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

21.06.01 – екологічна безпека

Галузь знань – технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результа-
тів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Петрук Р.В.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий консультант **Петрушка Ігор Михайлович** докт.техн.наук, професор

Львів – 2020

АНОТАЦІЯ

Петрук Р.В. Наукове обґрунтування оптимальних форм інтегрованого управління екологічною безпекою непридатних пестицидів та пестицидвмісних відходів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Національний університет «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України, Львів, 2020.

Захист дисертації відбудеться на засіданні вченої ради Д 26.880.01 Державної екологічної академії післядипломної освіти і управління Міністерства енергетики та захисту довкілля України, Київ, 2020.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної наукової проблеми створення та наукового обґрунтування оптимальних форм інтегрованого управління екологічною безпекою непридатних пестицидів та пестицидвмісних відходів шляхом розроблення наукових рекомендацій щодо застосування різних методів утилізації непридатних пестицидів, безпечного їх транспортування, поводження з забрудненими ґрунтами, складами та їх конструкціями, тарою тощо.

У результаті проведення комплексу теоретичних та експериментальних досліджень у дисертації запропоновано нові наукові положення, висновки та рекомендації, які дозволяють запобігти підвищенню ризиків забруднення довкілля пестицидами, продуктами розпаду та розкладання в ґрунтах та природних об'єктах, шляхом розроблення оптимальних форм управління та поводження з непридатними пестицидами і науково обґрунтованих методів та способів їх утилізації, транспортування, екологічно безпечного поводження із складами отрутохімікатів та тарою з-під пестицидів та ін.

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.

Перший розділ присвячений аналізу літературних праць вітчизняних і закордонних вчених щодо проблеми некондиційних і непридатних пестицидів та супутніх екологічних проблем пов'язаних з інтегрованим управлінням та поведженням з відходами, і у першу чергу, з небезпечними із них.

За результатами аналізу сучасного стану науково-технічних досягнень з питань поведження з непридатними пестицидами та їх впливу на довкілля та здоров'я людини встановлено, що залишки пестицидів у об'єктах довкілля згубно впливають на здоров'я людини, викликаючи низку віддалених захворювань та інших загроз для людини і екосистем. Наслідками цього є зниження рівня екологічної безпеки, значні екологічні і матеріальні збитки для соціуму, зниження середньої тривалості життя внаслідок збільшення захворюваності тощо. В результаті аналізу сучасного законодавства виявлено низку недоліків та прогалин, які не дозволяють ефективно вирішувати проблеми пов'язані з використанням пестицидів, підвищуючи ризики від їх застосування і зберігання. Окрім хімічних ризиків для здоров'я людини, виявлено низку і інших супутніх екологічних проблем, які також створюють значні екологічні ризики та вимагають розроблення управлінських рішень, а саме: проблеми безхозних складів, поведження з пестицидною тарою, шкідливого впливу на водні об'єкти, оптимізації шляхів і систем перевезень до місць переробки та ін.

Викладене вище дало підставу для визначення **ідеї роботи**, яка полягає у запобіганні забрудненню довкілля пестицидами та їх метаболітами, зменшення потрапляння некондиційних пестицидів у довкілля та підвищення рівня хімічної і екологічної безпеки шляхом застосування розроблених науково обґрунтованих рекомендацій з інтегрованого управління та поведження з некондиційними пестицидами і пестицидвмісними речовинами та відходами.

Із врахуванням стану питання сформульовані мета, основні завдання та методологічна схема дисертаційних досліджень.

У **другому** розділі запропоновано методологію та обґрунтовано методики проведення досліджень, які передбачали застосування як теоретичних, так і екс-

периментальних методів, зокрема: метод математичного моделювання; хімічні та фізико-хімічні методи; методи квантово-хімічних розрахунків; хроматографічні методи; методи Брукерівської інфрачервоної спектроскопії; термічні та реагентні методи утилізації пестицидів; методи аналізу газових сумішей тощо. Приведені відомості про об'єкти та методи досліджень, що виконані в роботі. Представлені характеристики досліджених середовищ та обладнання. Описані характеристики та опис інструментарію. Наведено методіку біотестування забруднених пестицидами водних об'єктів, зокрема, з допомогою мультиспектральних методів.

У **третьому** розділі наведені дослідження впливу пестицидів та їх метаболітів на живі системи. Проаналізовано методи оцінки екологічних ризиків від впливів небезпечних речовин та запропоновано використання вдосконаленої методики екотоксів для оцінки ризиків впливу пестицидів на довкілля. Досліджено небезпечні фактори впливу непридатних пестицидів та небезпечних відходів на здоров'я дитячого населення України і запропоновано використання методу біодіагностики, що дозволяє здійснити екологічний аналіз території за допомогою цільової групи живих організмів та оцінювати сумарні впливи всіх негативних факторів довкілля на здоров'я людини. Проаналізовано вплив пестицидів та інших техногенних загроз на на теріофауну України, що дозволило встановити залежність між рівнем пестицидного навантаження та чисельністю популяції індикаторного організму. Обґрунтовано фітотоксичний ефект від непридатних пестицидних препаратів за допомогою біоіндикації на прикладі тестування дослідних рослин. Досліджено особливості небезпечних компонентів твердих побутових відходів та встановлено небезпеку потрапляння залишків пестицидів та пестицидної тари до побутових відходів, а також наведено рекомендації щодо поводження з небезпечними компонентами побутових та інших відходів.

У **четвертому** розділі представлено сучасні відомі та розроблені у даній роботі методи і засоби утилізації, переробки та знешкодження непридатних пестицидів та пестицидвмісних відходів, що можна використовувати для вирішення проблеми пестицидів в Україні. Наведено наукове обґрунтування переваг сучас-

них термічних методів знезараження пестицидів, що дало можливість запропонувати структурні схеми знешкодження існуючих непридатних хімічних засобів захисту рослин (ХЗЗР). Проведено аналітичні дослідження фізико-хімічних характеристик термічної стійкості пестицидів, що дозволило виявити оптимальні методи їх термічної утилізації. Наведено класифікацію термічних способів знезараження пестицидів та особливості кожного з методів, які можна використовувати для вибору найоптимальнішого способу утилізації некондиційних пестицидів, накопичених в Україні. Здійснено технологічний і техніко-економічний аналіз існуючих способів термічного розкладу та переробки непридатних пестицидів, серед яких найперспективнішими є: переробка з використанням обертових печей, печей із розпилюванням горючих відходів, печей киплячого шару, каталітичного окислення, багатополічкових та багатокамерних печей. При цьому зазначено схеми печей, що дозволяють ефективно і безпечно здійснювати знезараження пестицидів з врахуванням низької собівартості процесу, а також наведено технологічні особливості термічного знешкодження рідких пестицидів. Запропоновано обладнання для скорочення емісії діоксинів при термічному знезараженні небезпечних пестицидів, що дозволяє проводити процес знезараження пестицидів екологічно безпечним шляхом. Також здійснено аналіз квантово-хімічних розрахунків перебігу лужного гідролізу при знешкодженні, зокрема, фосфорвмісних пестицидів, що дає можливість ефективніше оцінювати можливі кінцеві продукти перебігу хімічних реакцій.

Обґрунтовано техніко-економічні параметри процесів знешкодження непридатних пестицидів та небезпечних відходів та встановлено найбільш оптимальні методи та способи утилізації пестицидів в Україні.

В п'ятому розділі розроблено оптимальні форми інтегрованого управління екологічною безпекою місць зберігання залишків непридатних пестицидів, тари і упаковки та ремедіації, рекультивації і відновлення забруднених ними ґрунтів. Наведено аналіз методів відновлення забруднених пестицидами ґрунтів з використанням різних способів та обґрунтовано їх переваги. Розроблено екологічно без-

печні фітореMediaційні методи відновлення забруднених пестицидами ґрунтів, що дало можливість розробити детальні схеми відновлення територій з використанням різних рослин. Розроблено методи поводження із складами та сховищами пестицидів та землями навколо них, що дало можливість розрахувати вартість та тривалість процесів рекультивації та відновлення територій. Також розроблено управлінську логістику з утилізації та переробки тари і упаковки з під пестицидів та небезпечних матеріалів.

Проведено оцінку відносної екологічної безпеки переробки органічних забруднювачів за допомогою методу екотоксів, що дозволило визначити найбільш небезпечні пестициди серед використовуваних та запропонувати менш токсичні їх аналоги.

У шостому розділі розроблено методологію оптимальних форм управління при транспортуванні непридатних пестицидів та небезпечних відходів, що дало можливість розроблення моделей техногенно-антропогенних ризиків при транспортуванні небезпечних відходів та вантажів з подальшою їх оптимізацією та мінімізацією ризиків. Запропоновано методику обґрунтування безпечних маршрутів при перевезенні небезпечних відходів, що дає можливість перевозити і транспортувати пестициди та пестицидвмісні відходи максимально безпечними маршрутами. Також запропоновано методологію оцінювання зон ураження та наслідків від ймовірних аварій під час транспортування небезпечних відходів, що дозволяє передбачати можливі аварії та їх наслідки при транспортуванні з метою мінімізації відповідних загроз та їх уникнення, а також соціальних та індивідуальних ризиків.

Розділ 7 присвячено розробленню рекомендацій з вдосконалення методологічної та нормативно-правової бази у сфері управління та поводження з непридатними пестицидами та небезпечними відходами. Наведено шляхи інтеграції природоохоронного законодавства України у сфері поводження з відходами, некондиційними пестицидами до вимог Європейських стандартів, що дає можливість швидше переходити на більш високі стандарти поводження з небезпечними відходами. Крім того, розроблено санітарно-гігієнічну оцінку різноманітних схем

знешкодження пестицидів, що дозволяє використовувати найбільш ефективні та безпечні способи утилізації пестицидів. Для цього наведено техніко-економічне порівняння різних схем термічного знешкодження пестицидів, що дає можливість використовувати найбільш економічні та екологічно вигідні методи знезараження пестицидів. Обґрунтовано вибір раціонального місця розташування блочно-модульних установок з переробки пестицидних препаратів, що дозволяє утилізувати пестициди з мінімальними екологічними і соціальними наслідками.

Також наводиться перелік рекомендацій щодо реформування та вдосконалення системи управління і поводження з непридатними пестицидами та небезпечними відходами, 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.

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Монографії

1. **Петрук Р.В.** Комплексна переробка фосфорвмісних пестицидів до екологічно безпечних продуктів та рекультивация забруднених ґрунтів / Петрук Р.В., Ранський 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>]
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).
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>]
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.

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).

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>]

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>]

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>]

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>]

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 ВПШ, №3 - 2015. – С.28-34 [<https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/11885?locale-attribute=uk>]

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]

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]

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]

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]

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://eco.j.dea.kiev.ua/archives/2015/10-11/16.pdf]

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://eco.j.dea.kiev.ua/archives/2015/10-11/30.pdf]

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

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>]

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>]

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)]

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>]

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]

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>]

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]

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>]

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. [<https://doi.org/10.23939/ep2019.03.125>]

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. 59-602. [<https://www.sgem.org/sgemlib/spip.php?article7474>]

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>]

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>]

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>]

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 Op-

tical Engineering. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: [https://doi.org/10.1117/12.2501636.]

Підручники та навчальні посібники

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

35. Петрук В.Г. 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. Петрук В.Г. 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. Клименко М.О. та ін. 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:

матер. 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 Еквадору / 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 зїзд 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 науковопрактичної 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 університету (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. Енергооща-

дність. 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 місько-

го господарства імені О.М. Бекетова. – u201902646 заявл. 18.03.2019; опубл. 10.02.2020, бюл. № 3.

71. Пат № 141742 на корисну модель України МПК В09В 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.

ABSTRACT

Petruk R.V . Scientific substantiation of optimal forms of integrated management of ecological safety of unsuitable pesticides and other hazardous wastes. - Qualified scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for a Doctor of Science Degree in specialty 21.06.01 - Environmental safety. - Lviv Polytechnic National University, Ministry of education and science of Ukraine, Lviv, 2020.

The dissertation will be defended at a meeting of the Scientific Council D 26.880.01 of the State ecological academy of postgraduate education and management of the ministry of energy and the environment of Ukraine, Kyiv, 2020.

The dissertation is devoted to the solution of scientific problem of creation of scientific substantiation of optimal forms of integrated management of ecological safety of unsuitable pesticides and other hazardous wastes by developing scientific recommendations on application of various methods of utilization of unsuitable pesticides, their safe transportation, handling of contaminated structures, contamination.

As a result of complex theoretical and experimental research in the dissertation, new scientific provisions, conclusions and recommendations are proposed, which allow to increase the risk of environmental pollution by pesticides, products of their decomposition and decomposition in soils and natural objects, by developing optimal forms of management pesticides and scientifically sound methods and methods of their disposal, transportation, environmentally safe treatment of poisonous chemical compositions and pesticide containers and more.

The **introduction** substantiates the relevance of the topic of the dissertation, formulated the idea, purpose and objectives of the research, determined the scientific novelty and practical value of the obtained results, data on the personal contribution of the applicant, approbation of the dissertation results, structure and scope of work.

The **first section** is devoted to the analysis of literary works of domestic and foreign scientists on the problem of substandard and unsuitable pesticides and associated environmental problems related to integrated management and waste management, and first of all, hazardous ones.

The results of the analysis of the current state of scientific and technological achievements on the management of unsuitable pesticides and their impact on the environment and human health revealed that pesticide residues in environmental objects adversely affect human health, causing a number of threats to humans, ecosystems and remote diseases. The consequences of this are a decrease in the level of environmental safety, significant environmental and material losses for the society, a decrease in the average life expectancy due to an increase in morbidity and so on. An analysis of current legislation has identified a number of shortcomings and gaps that do not effectively address the problems associated with pesticide use, increasing the risks of their use and storage. In addition to chemical risks to human health, a number of other environmental problems have been identified that also pose significant environmental risks and require management solutions, such as the problem of landless warehouses, the problem of pesticide packaging, the adverse impact on water bodies, optimization ways and systems of transportation to places of recycling, etc.

The above gave the basis for defining **the idea of work**, which is to prevent pollution of pesticides and their metabolites, reduce the uptake of substandard pesticides in the environment and increase the level of chemical and environmental safety by applying the developed scientifically sound recommendations on integrated management and management substances and wastes.

Taking into account the status of the question, the purpose, main tasks and methodological scheme of the dissertation research are formulated.

The **second** section proposes a methodology and substantiates the methods of conducting research, which envisaged the application of both theoretical and experimental methods, in particular the method of mathematical modeling; chemical and physical chemical methods; methods of quantum-chemical calculations; chromatographic methods; methods of Broker's Fourier-infrared spectrometry; thermal and reagent methods of pesticide disposal; methods of analysis of gas mixtures and the like. Information about the objects and methods of the research performed in the work is given. The characteristics of the studied environments and equipment are presented. The characteristics and description of the toolkit are described. The method of biotesting pesticide-contaminated water bodies is given.

The **third** section studies the effects of pesticides and their metabolites on living systems. Methods for assessing the environmental risks of exposure to hazardous substances are analyzed and proposed the use of an improved ecotoxic methodology to assess the risks of pesticide effects on the environment. Hazardous factors for the impact of unsuitable pesticides and hazardous wastes on the health of Ukraine's pediatric population were investigated, and biodiagnostics were proposed, allowing environmental analysis of the site by a target group of living organisms and to assess the total environmental impact of all negative environmental factors. The influence of pesticides and other technogenic threats on the territorial fauna of Ukraine was analyzed, which made it possible to establish the relationship between the pesticide load level and the population size of the indicator organism. The phytotoxic effect of unsuitable pesticide preparations by means of bioindication on the example of testing of experimental plants is substantiated. The features of hazardous components of municipal solid waste have also been investigated and the risk of pesticide residues and pesticidal containers being disposed of in household wastes, as well as recommendations for the management of hazardous components of domestic and other wastes.

The **fourth** section presents the current known and developed methods and means of utilization, processing and disposal of unsuitable pesticides and other hazardous wastes that can be used to solve the problem of pesticides in Ukraine. The scientific

substantiation of the advantages of modern thermal methods of pesticide disinfection is given, which made it possible to propose structural schemes for disposal of existing unsuitable pesticides. Analytical studies of the physicochemical characteristics of the thermal stability of pesticides were carried out, which revealed the optimal methods for their thermal utilization. The classification of thermal methods of pesticide disinfection and features of each method, which can be used to choose the most optimal way of disposal of substandard pesticides accumulated in Ukraine, are presented. Technological and technical-economic analysis of the available methods of thermal decomposition and processing of unsuitable pesticides is carried out. At the same time the schemes of the furnaces allowing to efficiently and safely carry out the pesticide disinfection taking into account the low cost of the process are indicated, as well as technological features of thermal disposal of liquid pesticides. Equipment for reducing the emission of dioxins in thermal decontamination of hazardous pesticides is proposed, which allows carrying out the process of pesticide disinfection in an environmentally safe way. The analysis of quantum-chemical calculations of the course of alkaline hydrolysis during neutralization, in particular, of phosphorus-containing pesticides, is made, which allows to evaluate more effectively the possible end products of the course of chemical reactions.

The technical and economic parameters of the processes of disposal of unsuitable pesticides and hazardous waste have been substantiated and the most optimal methods and methods of pesticide disposal in Ukraine have been established.

The **fifth** section deals with the optimal forms of integrated environmental management of sites for storage of unusable pesticide residues, containers and packaging and remediation, reclamation and restoration of contaminated soils. Pesticide contaminated soil recovery methods are analyzed using different methods and their advantages are substantiated. Ecologically safe phytoremediation methods of pesticide contaminated soil recovery have been developed, which has made it possible to develop detailed schemes for the restoration of territories using different plants. Methods of handling pesticide depots and storage facilities and the land around them were developed, which made it possible to calculate the cost and duration of reclamation and restoration pro-

cesses. Management logistics for the disposal and recycling of packaging and packaging of pesticides and hazardous materials has also been developed.

The relative environmental hazard of organic pollutants was evaluated using the ecotoxic method, which made it possible to identify the most dangerous pesticides among the used ones and to offer less toxic analogues.

In the **sixth** section, the methodology of optimal forms of management for the transportation of unsuitable pesticides and hazardous wastes was developed, which made it possible to develop models of man-made anthropogenic risks in the transportation of hazardous wastes and cargoes with their further optimization and minimization of risks. The method of substantiation of safe routes for transportation of hazardous waste is proposed, which allows to transport and transport pesticides and other hazardous waste with the safest routes possible. A methodology for assessing the areas of damage and the consequences of possible accidents during hazardous waste transportation is proposed, which allows to anticipate possible accidents and their consequences during transportation in order to minimize the relevant threats and avoid them.

Section 7 is devoted to the development of a recommendation to improve the methodological and regulatory framework for the management and management of unsuitable pesticides and hazardous waste. The ways of integration of the environmental legislation of Ukraine in the field of waste management, non-standard pesticides to the requirements of European standards are presented, which allows faster transition to higher standards of hazardous waste management. In addition, a sanitary and hygienic assessment of various pesticide disposal schemes is provided, allowing the use of the most effective and safe ways of disposal of pesticides. For this purpose, a technical and economic comparison of different schemes of thermal disposal of pesticides is presented, which allows to use the most economical and environmentally friendly methods of pesticide disinfection. The choice of rational location of block-module units for processing of pesticide preparations is substantiated, which allows to dispose of pesticides with minimal ecological and social consequences.

It also provides a list of recommendations for reforming and improving the management and management of unsuitable pesticides and hazardous wastes, which allow to optimize the public administration system and to gradually and finally resolve the problem of hazardous waste in Ukraine.

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

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень	29
Вступ.....	30
Розділ 1 Аналіз сучасних проблем інтегрованого управління у сфері поведження з непридатними пестицидами та пестицидвмісними відходами	39
1.1 Аналіз стану державної системи управління екологічною безпекою та вітчизняного законодавства у сфері поведження з непридатними пестицидами та пестицидвмісними відходами	39
1.2 Класифікація сучасних пестицидних препаратів та аналіз їх фізико-хімічних характеристик	44
1.3 Аналіз токсикологічних характеристик стійких органічних забруднювачів та їх вплив на людину і довкілля.....	48
1.4 Аналіз хімічних загроз екологічній безпеці України та Вінниччини.....	53
1.5 Обґрунтування теми дисертаційної роботи.....	60
1.6 Висновки до розділу 1	64
Розділ 2 Методологія ідентифікації та досліджень пестицидів та Пестицидвмісних речовин.....	66
2.1 Методологія дисертаційних досліджень.....	66
2.2 Методи ідентифікації неопізнаних сумішей непридатних пестицидів та інших небезпечних речовин	66
2.2.1 Тонкошарова хроматографія.....	68
2.2.2 Газова та газорідина хроматографія	68
2.2.3 Високоєфективна рідина хроматографія	68
2.2.4 Газова хроматографія /мас-спектрометрія	70
2.2.5 Рідина хроматографія/мас-спектрометрія	70
2.2.6 Брукерівська Фур'є-інфрачервона спектрометрія	71
2.3 Біотестування забруднених непридатними пестицидними препаратами територій та водних об'єктів.....	71

2.4 Обґрунтування вибору оптимальних методик оцінки екологічних ризиків від впливів небезпечних речовин	75
2.5 Висновки до розділу 2	84
Розділ 3 Аналіз результатів дослідження впливу отрутохімікатів та інших небезпечних речовин на живі системи і довкілля.....	86
3.1 Дослідження небезпечних факторів впливу хімічних та радіологічних забруднень, непридатних пестицидів на здоров'я дитячого населення України...	86
3.2 Аналіз впливу непридатних пестицидів та інших техногенних загроз на теріофауну України.....	97
3.3 Обґрунтування фітотоксичного ефекту непридатних пестицидних препаратів за допомогою біоіндикації.....	101
3.4 Дослідження впливу пестицидів на забруднення водних середовищ з допомогою мультиспектральних методів та біотестування	114
3.5 Дослідження впливу небезпечних компонентів твердих побутових відходів на людину і довкілля.....	119
3.5.1 Аналіз загроз потрапляння пестицидів та ПВВ у побутові відходи, сміттєзвалища і полігони та їх вплив на людину і довкілля	119
3.5.2 Аналіз стану управління та поводження з пестицидвмісними компонентами побутових відходів.....	127
3.6 Висновки до розділу 3	134
Розділ 4 Наукове обґрунтування оптимальних методів і засобів утилізації, переробки та знешкодження непридатних пестицидів та пестицидвмісних відходів.....	136
4.1 Наукове обґрунтування переваг сучасних термічних методів знешкодження пестицидів.....	136
4.2 Аналітичні дослідження фізико-хімічних характеристик термічної стійкості пестицидів.....	139
4.3 Технологічний та техніко-економічний аналіз існуючих способів термічного розкладу та переробки непридатних пестицидів.....	140

4.4 Дослідження низькотемпературної деструкції сірко- та фосфорвмісних пестицидних препаратів	147
4.5 Дослідження параметрів скорочення емісії діоксинів при термічному знезараженні пестицидів та пестицидвмісних відходів	151
4.6 Аналіз квантово-хімічних розрахунків перебігу лужного гідролізу при знешкодженні фосфорвмісних пестицидів.....	153
4.7 Техніко економічний аналіз мобільних систем термохімічного та плазмохімічного знешкодження НП та ПВВ	159
4.7.1 Пересувний плазмотермічний комплекс для переробки непридатних і неідентифікованих пестицидів та інших отрутохімікатів.....	159
4.7.2 Пересувна установка спалювання та реагентної переробки промислових та побутових відходів, у тому числі токсичних та радіоактивних .	161
4.8 Висновки до розділу 4	165
Розділ 5 Розроблення оптимальних форм інтегрованого управління екологічною безпекою місць зберігання залишків непридатних пестицидів, тари і упаковки та ремедіації, рекультивації і відновлення забруднених ними ґрунтів.....	167
5.1 Аналіз методів відновлення забруднених пестицидами ґрунтів.....	167
5.2 Розроблення екологічно безпечних фіторемедіаційних методів відновлення забруднених пестицидами ґрунтів	173
5.3 Обґрунтування екологічної небезпеки непридатних складів та сховищ отрутохімікатів і відновлення забруднених ними земель навколо	184
5.4 Розроблення управлінської логістики з утилізації та переробки тари і упаковки з під пестицидів та небезпечних матеріалів	193
5.5 Оцінка відносної екологічної небезпеки органічних забруднювачів за допомогою методу екотоксів	202
5.6 Висновки до розділу 5	211
Розділ 6 Удосконалення методології управління при транспортуванні непридатних пестицидів та небезпечних речовин і вантажів	213

6.1 Законодавчі вимоги щодо безпечного транспортування пестицидів та інших токсичних речовин.....	213
6.1.1 Особливості та основні запобіжні заходи щодо перевезення НП та ПВВ різними видами транспорту:	214
6.2 Обґрунтування моделей техногенно-антропогенних ризиків при транспортуванні небезпечних вантажів і відходів	217
6.3 Обґрунтування безпечних маршрутів при перевезенні небезпечних речовин і відходів.....	220
Розділ 7 Рекомендації з вдосконалення методологічної та нормативно-правової бази у сфері управління та поводження з непридатними пестицидами та небезпечними відходами	227
7.1 Інтеграція природоохоронного законодавства України у сфері поводження з відходами, некондиційними пестицидами до вимог Європейських стандартів.....	227
7.2 Техніко-економічне обґрунтування процесів знешкодження непридатних пестицидів та небезпечних відходів.....	235
7.3 Рекомендації щодо реформування та вдосконалення системи управління і поводження з непридатними пестицидами та небезпечними відходами.....	238
7.4 Узагальнена оптимізована система інтегрованого управління екологічною безпекою непридатних пестицидів та інших пестицидвмісних відходів.....	243
7.5 Висновки до розділу 7	247
Загальні висновки.....	249
Список використаних джерел	252
Додаток А Список публікацій здобувача	288
Додаток Б Інформація щодо обсягів непридатних та заборонених пестицидів ...	299
Додаток В Схеми печей для термічного знешкодження пестицидів.....	300

Додаток Г Вибірка із Статистики захворюваності у Вінницькій області станом на 2018 Рік.....	319
Додаток Д Техніко-економічне порівняння різних схем термічного знешкодження пестицидів.....	326
Додаток Е Акти впровадження.....	334
Додаток Ж Патенти України на корисну модель отримані за матеріалами роботи.....	343

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- ПП – пестицидний препарат
- ГДК – гранично допустима концентрація
- ГДКрз – ГДК робочої зони
- ЛД₅₀ – летальна доза, концентрація речовини, що викликає загибель 50 відсотків піддослідних організмів
- НП – непридатні пестициди
- ХЗЗР – хімічні засоби захисту рослин
- ГХ – газова хроматографія
- ВЕРХ – високоефективна рідинна хроматографія
- МС – маспектральний метод
- РХ – рідинна хроматографія
- ТШХ – тонкошарова хроматографія
- НП та ПВВ – непридатні пестициди та пестицидвмісні відходи
- ЕБ – екологічна безпека
- ТПВ – тверді побутові відходи
- НВ – небезпечні відходи
- НПП – непридатний пестицидний препарат
- ІНВ – інші небезпечні відходи
- МВВ – місце видалення відходів
- ТНВ – транспортування небезпечних відходів
- ГАС – газоподібні агресивні сполуки

ВСТУП

Актуальність теми. Проблема відходів, у тому числі і небезпечних, в Україні залишається надзвичайно масштабною і гострою, що є наслідком домінування в економіці держави ресурсоемних, багатовідхідних та застарілих технологій, а також через відсутність відповідних управлінських дій та адекватного реагування на такого роду виклики.

Серед небезпечних відходів вирізняються, у першу чергу, пестицидні препарати (ПП), 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 одні із токсичніших хімічних сполук, які потрапляють в довкілля, є вкрай небезпечними для живих систем і людини, спричиняючи виникнення різноманітних важких захворювань та отруєнь, 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 залишками пестицидів, жорсткого дотримання вимог природоохоронного законодавства у сфері інтегрованого управління та поводження з небезпечними відходами всіма суб'єктами господарювання, зокрема, Закону України «Про пестициди та агрохімікати», а також недостатньої розвинутої 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., Зеркалов Д.В. 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, не ідентифікованих тощо) пестицидних препаратів, інших ХЗЗР та небезпечних 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», 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» (20018-2020 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 пестицидвмісними 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 ПВВ 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 ПВВ, 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 невідомих (неідентифікованих) сумішей НП та ПВВ;
- обґрунтувати застосування найоптимальніших методів і засобів знешкодження, переробки та утилізації НП та ПВВ, зокрема, термічних та реагентних методів;
- розробити схемотехнічну структуру мобільних технологічних комплексів для термічного та реагентного знешкодження НП та ПВВ;
- дослідити ризики та небезпечні фактори впливу НП та ПВВ на живі системи і довкілля;
- розробити оптимальні форми інтегрованого управління екологічною безпекою місць зберігання некондиційних НП та ПВВ, тари з-під них та відновлення забруднених ними ґрунтів;
- обґрунтовувати методологію оптимальних форм управління при транспортуванні НП та ПВВ;
- розробити науково-обґрунтовані рекомендації з вдосконалення методологічної та нормативної бази у сфері управління та поводження з НП та ПВВ.

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 оцінювання екологічних ризиків від впливів небезпечних речовин.

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

Наукова новизна одержаних результатів полягає у створенні та 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 остаточно 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 суттєво менш токсичну,

- переважно неорганічну, корисну вторинну сировину, але у значній мірі 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 зони ураження та 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-гіперакумуляторів, ефекторів фітоекстракції та стимуляторів росту, що дають можливість підвищеного виносу пестицидів із ґрунту, його відновлення та ремедіації;
 - дістав подальшого розвитку метод розрахунку рівня токсичності пестицидів та продуктів їх переробки, який на відміну від відомих, дає можливість визначити найбільш токсичні забрудники та найбільш ефективні методи їх переробки і отримання з них безпечних вторинних продуктів;
 - 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 технологічних, схемотехнічних та конструктивних рішень і особливос-

тей сучасних засобів і способів знешкодження та утилізації небезпечних відходів, а саме:

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

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).

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)

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи забезпечується відповідністю поставлених задач обраній методології та методикам досліджень; обґрунтованим вибором припущень і обмежень; теоретичною послідовністю та коректністю розвинутих моделей. Вона також підтверджується публікаціями у наукометричних, вітчизняних та закордонних фахових виданнях, а також представленням їх на конференціях різного рівня. Репрезентативність 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, формуванні та розробленні ідеї та теми дисертації, проведенні теоретичного обґрунтування напрямків досліджень, розробленні наукових положень та виконанні безпосередньо досліджень, обґрунтування 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 [1-39].

Особисто автором у роботах, опублікованих за співавторства, було:

- проведено аналіз сучасних проблем інтегрованого управління у сфері поводження з непридатними пестицидами та пестицидвмісними відходами [7,21,24,25];
- проведено дослідження небезпечних факторів впливу на живі системи та довкілля [4,6,10,11,12,17,20,27,28,29,30,31,36];
- розроблено та удосконалено сучасні методи та засоби утилізації, переробки та знешкодження непридатних пестицидів та пестицидвмісних відходів [1,3,5,8,9,18,35];

- розроблено оптимальні форми інтегрованого управління екологічною безпекою місць зберігання залишків непридатних пестицидів, тари і упаковки та ремедіації, рекультивації і відновлення забруднених ними ґрунтів [2,13,14,26,32-37]
- розроблено методологію оптимальних форм управління при транспортуванні непридатних пестицидів та небезпечних відходів [15,16,19,25].

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.); сьома міжнародна науково-технічна конференція «Оптоелектронні інформаційні технології «Фотоніка ОДС-2015», (Вінниця, 2015 р.); V-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю, (Вінниця, 2015 р.); Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Проблеми сучасної екологічної освіти» (Київ, 2014 р.); IX Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених та студентів «Екологічна безпека держави» (Київ, 2015 р.); Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція Вінницького державного педагогічного університету (Вінниця, 2015 р.); Всеукраїнська науково-практична конференція 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.); Шостий 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 науково-технічна конференція 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.); науково-практична конференція 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 науково-технічна конференція 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, 20 стаття у наукових фахових виданнях з переліку МОН України, 6 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 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. Список використаних джерел містить 310 найменувань. Дисертаційна робота включає 7 додатків, розміщених на 57 сторінках.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПРОБЛЕМ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ПОВОДЖЕННЯ З НЕПРИДАТНИМИ ПЕСТИЦИДАМИ ТА ПЕСТИЦИДВМІСНИМИ ВІДХОДАМИ

1.1 Аналіз стану державної системи управління екологічною безпекою та вітчизняного законодавства у сфері поводження з непридатними пестицидами та пестицидвмісними відходами

Надзвичайно гострою проблемою України є питання обігу і утилізації непридатних до використання та заборонених до застосування хімічно небезпечних речовин, у тому числі, пестицидних препаратів та пестицидвмісних відходів. 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 належної охорони, 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, належного контролю за дотриманням вимог у сфері поводження з небезпечними відходами з боку і держави, так і суб'єктів господарювання.

Отже, всі вище зазначені фактори та відсутність необхідних спеціальних виробничих потужностей унеможливають на даний час їх повну утилізацію, переробку та знешкодження.

При цьому рамковим документом, що врегульовує проблему інтегрованого управління та поводження з пестицидами та іншими ХЗЗР є Закон України *«Про*

пестициди та агрохімікати» від 2 березня 1995 року з відповідними подальшими змінами і доповненнями. Цей Закон встановлює загальні поведження з пестицидами, вимоги до проведення державних випробувань та державної реєстрації пестицидів, агрохімікатів та технічних засобів їх застосування, до виробництва, транспортування, реалізації, зберігання, застосування, утилізації, знищення та знешкодження пестицидів, реалізації державної політики та встановлює відповідальність за порушення природоохоронного законодавства [38-44].

З 2002 року Україна приєдналася до Роттердамської конвенції відносно небезпечних хімічних речовин та пестицидів у міжнародній торгівлі з метою охорони здоров'я людини та навколишнього середовища. Крім того, ухвалено ряд нормативно-правових актів, що спрямовані на конкретизацію вимог, зокрема низку Порядків, методик вилучення, утилізації та знищення сировини і продуктів, які зазнали впливу пестицидів та інші.

Крім того, з грудня 2016 року розроблені «Вимоги щодо транспортування пестицидів», у яких пестицидні препарати відносять до небезпечних вантажів і поділяються за ступенем небезпечності на: легкозаймисті речовини; речовини, що окислюються; органічні перекиси; отруйні (токсичні) речовини; їдкі та корозійні, а також інші небезпечні речовини. В залежності від класу небезпечності вони обов'язково маркуються і транспортуються у відповідній тарі.

При цьому основними принципами державної політики у сфері діяльності з пестицидами та іншими агро- і ядохімікатами є :

- пріоритетність збереження здоров'я людини і охорони довкілля по відношенню до економічного ефекту від застосування пестицидів і агрохімікатів;
- державна підконтрольність їх ввезення на митну територію України, реєстрації, виробництва, зберігання, транспортування, торгівлі і застосування;
- обґрунтованість їх застосування;
- мінімалізація використання пестицидів за рахунок впровадження біологічного землеробства та інших екологічно безпечних, нехімічних ЗЗР;
- безпечність для здоров'я людини і довкілля.

Стаття 23 цього закону також встановлює виділення державних коштів для проведення культуротехнічних робіт, у тому числі: вапнування і гіпсування ґрунтів, комплексу заходів для боротьби з окремими шкідниками і хворобами, бур'янами тощо. Ключовим екологічним аспектом є потенційний негативний вплив сховищ для тимчасового зберігання непридатних до застосування пестицидів.

Аналіз існуючих нормативних документів зазначає, що сховища з непридатними та забороненими пестицидами класифікуються як об'єкт підвищеної небезпеки для довкілля та здоров'я людей. Для забезпечення моніторингу довкілля на території сховищ необхідно здійснювати постійний екологічний контроль за міграцією токсичних компонентів у середовище, з яким є контакт по всій санітарній зоні. Крім того, повинен здійснюватися як первинний екологічний контроль, так і періодичний контроль у процесі експлуатації сховищ. Регламентується також комплексне дослідження стану ґрунтів в межах прилеглої території складу.

Також варто зазначити, що в Україні увага, в основному, зосереджена на накопичених запасах непридатних пестицидів, але явно недостатньо висвітлюється інші джерела утворення відходів пестицидів (контейнери і упаковка для зберігання пестицидів, вода після їх промивання, ґрунт забруднений пестицидами тощо), які представляють реальну небезпеку для здоров'я людини і навколишнього середовища.

Однак в Законі України *«Про загальну державну Програму поводження з токсичними відходами»* тільки декларується, що метою Програми є запобігання нагромадженню токсичних відходів і обмеження їхнього шкідливого впливу на довкілля і здоров'я людини без будь-якого ефективного механізму запобігання нагромадженню запасів пестицидів і їхніх відходів та зменшення їхнього шкідливого впливу на людину і довкілля, тобто є окремі випадки ефективного розв'язання локальних завдань, але дієвого, чіткого та системного механізму в сфері пестицидвмісних відходів немає.

При цьому основними цілями і задачами державної політики у сфері управління відходами є:

- 1) захист довкілля та здоров'я людини від негативного впливу відходів;
- 2) дотримання ієрархії управління відходами, ведення їх обліку та звітності;
- 3) впровадження заходів повторного використання відходів, застосування відповідних економічних інструментів;
- 4) впровадження заходів до створення ефективно діючої системи роздільного збирання відходів, сприяння їх рециклінгу;
- 5) впровадження принципу «забруднювач платить» для покриття витрати на управління відходами їх утворювачами або власниками;
- 6) запровадження системи розширеної відповідальності виробника.

Це задекларовано в статті 3 Закону України *«Про управління відходами»*, проект якого внесено Кабміном у 2019 році на розгляд і затвердження Верховною Радою України. Крім того, Розпорядженням КМУ від 8.11.2017 року, № 820р *«Про схвалення національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року»* відзначено, що проблема, на розв'язання якої спрямована ця Стратегія, полягає у необхідності вирішення критичної ситуації, що склалася з утворенням, накопиченням, зберіганням, переробленням, утилізацією та захороненням відходів і характеризується подальшим розвитком екологічних загроз. При цьому проблема відходів в Україні вирізняється особливою масштабністю і гостротою, як наслідок домінування в економіці ресурсоємних і багатовідхідних застарілих технологій, так і через відсутність адекватного реагування на її виклики. Такі обставини призводять до поглиблення екологічної кризи і загострення соціально-економічної ситуації у суспільстві.

Отже, високий рівень утворення відходів, у тому числі і небезпечних, і низькі показники їх використання, як вторинної сировини, призвели до того, що в Україні уже накопичено і щороку заново нагромаджуються значні обсяги відходів, з яких лише, на жаль, незначна частина (орієнтовно 10%) використовується як вто-

ринні матеріальні ресурси, решта потрапляють на звалища і полігони. При цьому можна відзначити такі негативні тенденції:

- накопичення відходів;
- неналежна утилізація та видалення небезпечних відходів;
- неналежний рівень використання відходів як вторинної сировини;
- неефективність впровадження економічних інструментів у сфері управління та поводження з відходами та інше.

Відтак, невідкладне завдання держави – це створення та забезпечення належного функціонування загальнодержавної комплексної системи запобігання утворенню відходів, збирання, перероблення та утилізації, знешкодження і екологічно безпечного їх видалення.

Стратегія визначає головні напрями державного регулювання у сфері поводження з відходами у найближчі десятиліття з урахуванням європейських норм та підходів, що базуються на дотриманні положень цілої низки Директив ЄС, зокрема Рамкової № 2008/98/ЄС та інших (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Законодавча база ЄС про поводження з відходами, яка відповідає Закону України «Про відходи» та інші вітчизняні закони у цій сфері

Основне законодавство (рамкове) ЄС про відходи	Операція поводження з відходами	Директиви окремих видів відходів
<ul style="list-style-type: none"> - Директива про відходи 2008/98/ЄС - Директива про небезпечні відходи 91/689/ЄС 	<ul style="list-style-type: none"> - Директива про спалювання відходів 2000/76/ЄС - Директива про захоронення відходів на полігонах 99/31/ЄС 	<ul style="list-style-type: none"> - Про батареї та акумулятори 2006/66/ЄС - Про упаковку та відходи упаковки 94/62/ЄС - Про відходи електричного та електронного обладнання 2002/96/ЄС - Про осаді стічних вод 86/278/ЄС - Про управління відходами видобувної промисловості 2006/21/ЄС

Отже, основним методом поводження з відходами в Україні є захоронення відходів на полігонах, більшість з яких переповнені і не відповідають нормам, що спричиняє шалений тиск на довкілля і загрожує здоров'ю людини. У той же час, ситуація у країнах ЄС діаметрально протилежна. У них неупинно зростає складова рециклінгу та спалювання, а обсяги захоронення відходів щороку зменшуються. Показовими є Німеччина, Швеція, а у Швейцарії з 2000 року вивіз відходів на полігони взагалі заборонено, тобто впроваджено майже цілковите повторне використання та рециклінг.

Тому обрuntuвання та розроблення оптимальних форм інтегрованого управління екологічною безпекою, зокрема, непридатних пестицидів, а також впровадження більш ефективної законодавчої бази у поводженні з відходами, у тому числі небезпечними, і, безперечно, жорсткий контроль за її дотриманням є надзвичайно актуальним завданням для нашої країни, яка небезпідставно прагне у ЄС, де вже реально функціонує чітка система господарювання у сфері відходів.

1.2 Класифікація сучасних пестицидних препаратів та аналіз їх фізико-хімічних характеристик

Пестицидні препарати (ПП) та інші хімічні засоби захисту рослин (ХЗЗР) – це біологічно активні речовини, здатні викликати порушення життєдіяльності теплокровних тварин, людини та сільськогосподарських рослин. Окрім того, часто пестициди потрапляють на нецільові об'єкти: в навколишнє середовище – ґрунт, повітря, водні басейни; знищують корисну фауну – ентомофагів та акарофагів, бджіл, комах запилювачів, переносяться на суміжні посіви та ценози, які не обробляють [23].

Пестициди розрізняють за призначенням, способом проникнення та характером дії на шкідливі організми, а також за хімічною будовою та складом.

За *цільовим призначенням* ПП розподіляють на такі групи: інсектициди (від шкідливих комах); акарициди (від рослиноїдних кліщів); моллюскоциди (від моллюсків); овіциди (від яєць комах і кліщів); лярвициди (від личинок комах); репе-

ленти (для відлякування комах); атрактанти (для принаджування комах); нематоциди (від рослиноїдних нематод); родентициди, зооциди (від гризунів); бактерициди (від бактеріальних збудників хвороб); гербіциди (від бур'янів); дефоліанти (для передзбирального видалення листя); десиканти (для підсушування рослин); арборициди (для знищення небажаної чагарникової і дерев'янистої рослинності) та ін.

Інсектициди та акарициди, залежно від способу їх надходження в тіло комах, умовно поділяють на: шлункові, що потрапляють у шлунково-кишковий тракт з їжею; контактні – діють у разі контакту з будь-якою частиною тіла комахи, кліща; системні – проникають у рослину і разом із соком рослин у шлунок комах і кліщів; фуміганти – проникають в організм через дихальні шляхи. Деякі препарати на основі мінеральних масел закупорюють дихальні шляхи. Більшість препаратів діють на імаго та личинок, а деякі з них знищують яйця комах і кліщів. При цьому розрізняють препарати вибіркової (ощадливої) і невибіркової (суцільної) дії.

За *способом застосування* інсектициди поділяють на групи: для обробки насіння – протруйники, для внесення в ґрунт – ґрунтові, для обробки вегетуючих рослин тощо.

Фунгіциди за характером дії на збудника захворювання поділяють на два типи: захисні (профілактичні), що запобігають зараженню рослин, але не спроможні вилікувати уражені рослини, і лікувальні (терапевтичні), що знищують збудників хвороб, які проникли в рослинні тканини. Захисні та лікувальні фунгіциди бувають контактної і системної дії.

Контактні фунгіциди не проникають у рослини, а залишаються на їх поверхні й діють на збудників хвороб за безпосереднього контакту. Системні фунгіциди проникають у рослини та переміщуються в них, запобігаючи ураженню частин, на які були нанесені. Їх застосовують як перед початком захворювання, так і з появою перших його ознак.

Залежно від способів застосування, фунгіциди поділяють на групи: для обробки вегетуючих рослин; для обробки рослин у період спокою; для обробки насіння (протруйники), для внесення в ґрунт (ґрунтові фунгіциди).

Пестициди *за характером дії* на рослини умовно поділяють на дві основні групи: вибіркові – безпечні для певних сільськогосподарських культур, суцільної дії – знищують усю рослинність. Крім того, їх поділяють на контактні й системні.

За *хімічною природою* ПП поділяються на два класи: неорганічні та органічні. Окрім того, фунгіциди містять антибіотики. Переважна більшість засобів захисту рослин – органічні речовини.

Гігієнічна класифікація. Вона ґрунтується на ступені безпечності пестицидів для теплокровних тварин та людини і складається з таких основних показників: токсичності під час потрапляння через шкіру; рівня леткості (випаровуваність речовин і надходження в атмосферу); нагромадження в організмі (кумуляція); стійкості у різних середовищах, у тому числі й у довкіллі.

За *ступенем токсичності* для тварин і людей пестициди поділяють на такі класи (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Показники та класи небезпеки хімічних речовин

Показники	Норми концентрації		
	1 клас	2 клас	3 клас
Токсичність, ЛД ₅₀	До 200	200-1000	Понад 1000
Персистентність в ґрунті, міс	Понад 12	6-12	Менше 6
ГДК в ґрунті, мг/кг	Менше 0,2	0,2-0,5	Понад 0,5
Персистентність в рослинах, міс	3 і більше	1-3	Менше 1
Вплив на харчову цінність сільськогосподарської продукції	Сильний	Помірний	Немає

За *рівнем леткості* речовини можуть бути дуже небезпечними – концентрація, що насичує повітря, більша чи дорівнює токсичній; небезпечними – більше порогової; малонебезпечними – не проявляють порогової дії.

За *нагромадженням в організмі* розрізняють 4 групи речовин: надкумулятивні – коефіцієнт кумуляції (Кк) (співвідношення сумарної дози за багаторазового введення, що спричиняє загибель 50% тварин, до дози, що спричиняє в 50% випадків загибелі тварин за одноразового введення) менше 1, виражена кумуляція – $K_k=1-3$; помірна – $K_k=3-5$; слабковиражена – K_k – понад 5.

За *ступенем стійкості* пестициди поділяють на: дуже стійкі – період розпаду до нетоксичних речовин понад 2 роки; стійкі – від 0,5 до 2 років; помірно стійкі – від 1 до 6 місяців; малостійкі – у межах місяця.

Щоб унеможливити негативну дію пестицидів на людей, тварин та довкілля, виробники засобів захисту рослин систематично ведуть роботи щодо їх удосконалення. До застосування не допускають препарати без всебічного вивчення їх дії на тварин, корисних комах, мікрофлору ґрунту, персистентності тощо. Розробляють правила щодо техніки безпеки під час роботи з кожним препаратом і регламенти їх застосування згідно з законами України: “Про захист рослин”, “Про пестициди і агрохімікати”, “Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення”, що викладені в “Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні”. Зокрема, в законі України [44] “Про пестициди і агрохімікати” (стаття 11) зазначено «Транспортування, зберігання, застосування, утилізація, знищення та знешкодження пестицидів і агрохімікатів та торгівля ними здійснюється відповідно до вимог, встановлених чинним законодавством, санітарними правилами транспортування, зберігання і застосування пестицидів і агрохімікатів та іншими нормативними актами. При цьому особи, діяльність яких пов’язана з транспортуванням, зберіганням, застосуванням пестицидів і агрохімікатів та торгівлею ними, повинні мати допуск (посвідчення) на право роботи із зазначеними препаратами....».

Крім того, для вибору методу утилізації найбільш доцільно використати саме *хімічну класифікацію пестицидів*, оскільки вона дозволяє поділити пестициди за елементним вмістом та орієнтовними продуктами спалювання чи реагентної утилізації. Умовно існують такі хімічні класи пестицидів: 1) хлорорганічні; 2) фосфо-

органічні; 3) похідні карбамінової, тіо- і дитіокарбамінової кислот; 4) карбонові кислоти та їх похідні (хлорфеноксіоцтові кислоти; арилалкілкарбонові кислоти); 5) галоїдзаміщені аніліди карбонових кислот; 6) похідні сечовини; 7) гетероциклічні сполуки (похідні симтриазинів, бензімідазолу, триазолу, морфоліну, фенілпіразолу та ін.); 8) нітро- і галоїдпохідні фенолу; 9) вуглеводні, кетони, альдегіди та їх похідні; 10) сірка та її препарати; 11) фторовмісні сполуки; 12) купрумвмісні (мідьвмісні) сполуки; 13) органічні металовмісні сполуки; 14) синтетичні піретроїди; 15) похідні нерейстоксину; 16) фенілпіразоли.

1.3 Аналіз токсикологічних характеристик стійких органічних забруднювачів та їх вплив на людину і довкілля

Проблема стійких органічних забруднювачів (СОЗ) досить актуальна для України й пов'язана з розвиненим сільськогосподарським виробництвом, високою питомою вагою енергетичного та металургійного секторів економіки; причому першочерговими є завдання щодо поводження з накопиченими непридатними й забороненими пестицидами та реального їх знешкодження.

При цьому Україна має потужний промисловий і сільськогосподарський потенціал. Але, на жаль, значна кількість застосовуваних технологій і виробництв є застарілими й потребують модернізації, тому в Україні діє більшість основних категорій джерел викидів СОЗ згідно з класифікацією SNAP (Selected Nomenclature for sources of Air Pollution) – універсальною системою визначення категорій та підкатегорій джерел викидів, а також видів діяльності, що призводять до викидів забруднювальних речовин в атмосферу. Відомо [45], що викиди ПХДД/ПХДФ утворюються під час термічних процесів за участі органічної речовини і хлору в результаті неповного згоряння або хімічних реакцій. Великими стаціонарними джерелами ПХДД/ПХДФ можуть бути такі:

- спалювання відходів, у тому числі одночасне спалювання;
- термічні металургійні процеси, наприклад, виробництво алюмінію та інших кольорових металів, чавуну, сталі;

- енергетичні установки комунальної та промислової сфери, на яких спалюють ті чи інші види палива;
- процеси спалювання в побутовому секторі;
- специфічні процеси хімічного виробництва, під час яких утворюються проміжні хімічні сполуки і побічні продукти;
- сміттєспалювальні заводи великих міст України [46].

Глобальні кліматичні зміни, забруднення сільськогосподарських територій пестицидами та багато інших явищ викликають серйозну занепокоєність щодо майбутнього добробуту людства. У рамках Програми ЮНЕП (UNEP) у наступні три десятиліття більше уваги буде приділятися різним аспектам найбільш небезпечної групи синтетичних хімічних токсикантів, об'єднаних загальним терміном "стійкі органічні забруднювачі" (СОЗ) [54]. Відповідно до Додатка 3 Стокгольмської конвенції поліхлоровані дибензодіоксини (ПХДД) визначають як трициклічні ароматичні сполуки зі специфічними хімічними властивостями (рис. 1а).

При цьому загальна кількість можливих ізомерів для ПХДД – 75. Ці сполуки є високотоксичними й високостабільними домішками деяких промислових хімікатів, що утворюються в результаті різних технологічних процесів певних виробництв [3]. У природі вони не існують і ніколи не знаходять практичного використання. При цьому поліхлоровані дибензофурани (ПХДФ) у Стокгольмській конвенції визначають як конденсовані ароматичні сполуки (рис. 1б). Загальна кількість можливих ізомерів для ПХДФ – 135.

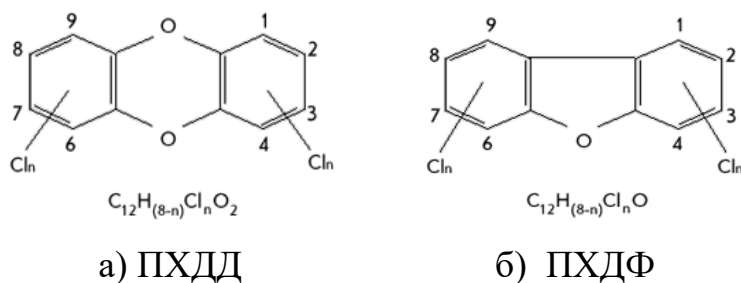


Рисунок 1.1 – Структурні формули поліхлорованих дибензофуранів

Виявилося, що найвищу токсичність мають 17 ізомерів (конгенерів) ПХДД і ПХДФ (далі діоксинів), у яких атоми хлору обов'язково повинні бути розташовані у 2, 3, 7, 8 положеннях бензольних кілець. Токсичність 2,3,7,8-ТХДД перевищує токсичність ціанідів, стрихніну й кураре [47]. Токсичність інших ізомерів діоксинів виражається за допомогою коефіцієнтів токсичності (Toxic Equivalent Factor, TEF) щодо 2,3,7,8-ТХДД, коефіцієнт токсичності якого прийнятий за 1 [48]. Для розрахунку коефіцієнтів токсичності використовують або величини ЛД50, що характеризують гостру токсичність, або параметри, що характеризують канцерогенну дію [49]. Так, у табл. 1.3 наведено міжнародні коефіцієнти токсичності для діоксинів. Зважаючи на вищевикладене, у групу ПХДД Стокгольмської конвенції повинні входити як мінімум 7 сполук, а в групу ПХДФ – 10 сполук.

Таблиця 1.3 – Міжнародні коефіцієнти токсичності (TEF) ПХДД и ПХДФ

Конгенер	Коефіцієнт токсичності
2,3,7,8–ТХДД	1
1,2,3,7,8–ПеХДД	0,5
1,2,3,4,7,8–ГеХДД	0,1
1,2,3,6,7,8–ГеХДД	0,1
1,2,3,7,8,9–ГеХДД	0,1
1,2,3,4,6,7,8–ГпХДД	0,01
1,2,3,4,6,7,8,9–ОХДД	0,001
2,3,7,8–ТХДФ	0,1
1,2,3,7,8–ПеХДФ	0,05
2,3,4,7,8–ПеХДФ	0,5
1,2,3,4,7,8–ГеХДФ	0,1
1,2,3,6,7,8–ГеХДФ	0,1
2,3,4,6,7,8–ГеХДФ	0,1
1,2,3,7,8,9–ГеХДФ	0,1
1,2,3,4,6,7,8–ГпХДФ	0,01
1,2,3,4,7,8,9–ГпХДФ	0,01
1,2,3,4,6,7,8,9–ОХДФ	0,01

Аналогічна ситуація і з ПХБ. Відповідно до Додатка С Стокгольмської конвенції ПХБ визначають як ароматичні сполуки, утворені таким чином, що атоми водню в молекулі біфенілу заміщені атомами хлору, кількість яких доходить до десяти (рис. 1.2).

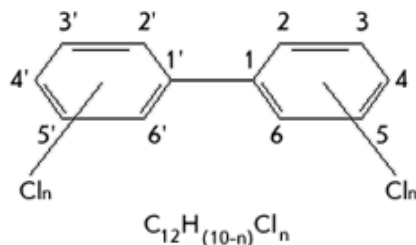


Рисунок 1.2 – Поліхлоровані біфеніли

Варто зауважити, що хоча в літературі терміном "діоксини", як правило, позначають поліхлоровані трициклічні кисневмісні ароматичні сполуки (ПХДД), назва "діоксин" за номенклатурою Міжнародного союзу чистої та прикладної хімії (IUPAC) належить тільки 1,4-діоксину, нестійкій неароматичній гетероциклічній сполуці, яка легко полімеризується, а хлорпохідні якої поки що не відомі [50].

Теоретично можливе існування 209 ізомерів (конгенерів) ПХБ. Однак у вигляді побічних промислових продуктів утворюється тільки 130 сполук [51]. Найбільша токсичність у конгенерів ПХБ, які не мають замісників хлору в орто-положеннях бензольних кілець (найтоксичніший конгенер - 3,3', 4,4',5-ПЕХБ) і деякі о-моно-заміщених похідних. У табл. 1.4 наведені міжнародні коефіцієнти токсичності 11 найнебезпечніших конгенерів ПХБ щодо 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-пара-діоксинів (ТХДД).

Таблиця 1.4 – Міжнародні коефіцієнти токсичності ПХБ

Конгенер	Коефіцієнт токсичності
3,3',4,4'-ТХБ	0,0001
3,4,4',5-ТХБ	0,0001
3,3',4,4',5-ПеХБ	0,1
3,3',4,4',5,5'-ГкХБ	0,01

Конгенер	Коефіцієнт токсичності
2,3,3',4,4'–ПeXB	0,0001
2,3,4,4',5–ПeXB	0,0005
2,3',4,4',5–ПeXB	0,0001
2',3,4,4',5–ПeXB	0,0001
2,3,3',4,4',5—ГкXB	0,0005
2,3,3',4,4',5'–ГкXB	0,0005
2,3,3',4,4',5,5'–ГпXB	0,0001

Механізми впливу CO₃ на живу клітину дуже складні і представляють собою низку послідовних подій на молекулярному рівні, яка призводить до змін у регуляції роботи генів і в життєдіяльності клітин. CO₃ діють, насамперед, на ендокринну систему, руйнуючи її. Вони мають гормоноподібну дію, але, не будучи справжніми гормонами, порушують нормальне функціонування ендокринної системи. Гормони є досить потужними біологічними сполуками, що діють як хімічні посередники (медіатори). Вони регулюють широкий спектр відповідних реакцій в організмі: обмін речовин, репродукцію, зростання, розвиток, поведінку й інші процеси клітин. Механізм естрогенної активності CO₃ поки ще повністю не вивчений. У світі ПХДД, ПХДФ і ПХБ виділені в групу “суперекотоксикантів”. Їх можна виявити майже скрізь: у повітрі, воді, ґрунті, донних покладах, у тканинах риб, тварин, молоці, овочах тощо. Найвищі концентрації діоксинів знайдено у ґрунтах, донних покладах та біотах. У воді та повітрі їх значно менше, бо вони нерозчинні та нелеткі. Особлива небезпека цих сполук для довкілля полягає в тому, що вони надзвичайно стійкі до хімічного та біологічного розкладення, зберігаються в навколишньому середовищі протягом десятиліть і переносяться харчовими ланцюгами (водорості – планктон – риби – людина, ґрунти – рослини – траводні тварини – людина) [52, 53]. Забруднення ґрунтів діоксинами призводить до знищення всіх живих організмів та повної втрати ґрунтами її природних властивостей.

Діоксини є універсальною отрутою, яка діє на клітинному рівні та вражає всі види тварин і більшість рослин. Нові дані про небезпеку діоксинів виходять далеко за межі канцерогенного ефекту. Забруднення діоксинами і діоксиноподібними сполуками призводять до серйозних негативних впливів на здоров'я людей, які можуть передаватися від покоління до покоління:

- руйнувати гормональні системи, особливо статевого розвитку;
- впливати на ембріональний розвиток, уражати нервову систему плоду;
- порушувати розвиток імунної системи [54].

При дослідженнях сполук "брудної дюжини" необхідно користуватися номенклатурою IUPAC. При цьому загальна кількість СОЗ, які є предметом дослідження Стокгольмської конвенції, складає як мінімум 36 сполук (8 пестицидів, 7 ПХДД, 10 ПХДФ і 11 ПХБ), які постійно змінюються і на сьогодні кількість їх теж може бути дещо іншою.

Незважаючи на те, що Україна зараз на шляху, який уже пройшли більшість розвинених країн, у нас існує велика імовірність того, що в результаті розробки і реалізації запланованих національних програм із захисту навколишнього середовища і населення від діоксинів та інших СОЗ, а також заходів із їх моніторингу, тому з часом можливе зменшення небезпечного впливу цих ксенобіотиків на живі системи.

1.4 Аналіз хімічних загроз екологічній безпеці України та Вінниччини

Проблема непридатних пестицидів невід'ємно пов'язана, у першу чергу, з проблемою складів отрутохімікатів, де вони зберігалися. Наприклад, у 2006 році таких лише у Вінницькій області було 709. Дані склади у переважній більшості зруйновані часом чи кліматичними впливами, а їх будівельні конструкції частково розібрані жителями сусідніх населених пунктів. Оскільки склади або не мають юридичного власника, або його майже неможливо встановити чи притягнути до певної відповідальності, дана проблема лягає на плечі місцевих громад. При цьому хімічно заражені будівельні конструкції складів варто утилізувати як відходи 1-4 класів небезпеки.



Рисунок 1.3 – Типовий стан занедбаного складу отрутохімікатів (с.Ступник, Хмельницького району)

ласті від пестицидів, то за даними комісії з питань поводження з безхозними відходами, станом на 2018 рік на території області вже налічувалося 115 складів, на яких розміщувалося 864,24 тонн ХЗЗР. З них 26 – у задовільному стані та 89 – у незадовільному. Решта із понад 700 складів не бралася до уваги, оскільки, вони майже зруйновані часом, природою та людьми.

Хоча навіть і в зруйнованому вигляді вони несуть в собі загрозу, оскільки хімічне забруднення залишається.

Ще однією невирішеною проблемою, що безпосередньо пов'язана з некондиційними пестицидами, які зберігаються з радянських часів, є проблема забруднених ґрунтів поблизу місць зберігання пестицидів. Для пестицидів характерним є концентрування величезних їх кількостей в певних точках простору і одночасно поширення в довкіллі через водоносні горизонти підземних вод та іншими шляхами.

Оскільки ці проблеми безпосередньо пов'язані з захистом довкілля і здоров'я людей, то їх вирішення є беззаперечно актуальною задачею.

Маючи дані департаменту агропромислового розвитку, екології та природних ресурсів Вінницької ОДА, проаналізуємо наскільки ефективно було проведено

очищення території Вінницької області від некондиційних ХЗЗР та які складові цієї проблеми ще залишаються актуальними та небезпечними.

Таблиця 1.5 – Дані інвентаризації ХЗЗР станом на 01.06.2016 року

№	Район	Загальна кількість, т
1.	Барський	8,900
2.	Бершадський	4,020
3.	Вінницький	0,000
4.	Гайсинський	13,000
5.	Жмеринський	71,170
6.	Іллінецький	27,800
7.	Калинівський	3,084
8.	Козятинський	87,000
9.	Крижопільський	41,250
10.	Липовецький	0,000
11.	Літинський	4,045
12.	Могилів-Поділ.	44,000
13.	Мурованокурил.	46,150
14.	Немирівський	0,000
15.	Оратівський	32,050
16.	Піщанський	3,500
17.	Погребищенський	17,000
18.	Теплицький	220,420
19.	Томашпільський	4,200
20.	Тростянецький	40,000
21.	Тульчинський	2,650
22.	Тиврівський	183,400
23.	Хмільницький	0,000
24.	Чечельницький	7,400
25.	Чернівецький	20,000
26.	Шаргородський*	15,000
27.	Ямпільський	3,800
	Всього	899,539

У 2012 році відповідно наявним документам з Джуринського отрутомогильника вивезено 1047,7 тонн непридатних пестицидів за рахунок коштів Державного фонду охорони навколишнього природного середовища. При відкритті бетонних бункерів та траншей виявилось, що отрутохімікати пересипані шаром ґрунту, що значно збільшило загальну масу відходів. Таким чином, фактичні об'єми відходів перевищили розрахункові. На даний час у Джуринському отрутомогильнику орієнтовний залишок ХЗЗР вважається на рівні 2100 тонн.

У 2009 році із складів області за кошти державного фонду ОНПС ще було вивезено на знищення до польського підприємства SARPI DabrovaGornicza близько 500 тонн непридатних ХЗЗР. Загалом, у 2003-2014 роках з території області за рахунок коштів державного та обласного фондів ОНПС, а також місцевих бюджетів вивезено для знищення 2300, 174 тонн непридатних ХЗЗР. З них 1047,649 тонн з Джуринського отрутомогильника.

Після 2014 року залишки пестицидів не вивозилися з області, проте здійснювалися заходи перезатарювання непридатних

пестицидів, а також їх інвентаризації, на що було витрачено 1033,9 тис.грн.

Станом на 2018 рік з обласного фонду ОНПС було виділено 46 тис грн для виготовлення 115 інформаційних знаків для їх подальшого встановлення на території складів отрутохімікатів. Такі знаки розроблено з метою інформування жителів громад про небезпеку складів та пестицидів у них.

Крім цього, основною проблемою утилізації пестицидів на території нашої держави без вивезення їх за кордон для високотемпературного знищення є відсутність ліцензованих організацій у відповідності до нормативних документів «Перелік ліцензіатів на провадження господарської діяльності з поводження з небезпечними відходами», що оприлюднений Мінекології.

Досить частим є явище збільшення залишків непридатних пестицидів. Це стається у результаті перезатарювання і повторної інвентаризації. Наприклад, у 2016-17 роках у смт Браїлів було виявлено 34,5 тонн ХЗЗР понад задекларовану кількість (табл. 1.5). Як видно з неї, чотири райони, дійсно, можна вважати очищеними від залишків непридатних пестицидів, зокрема, Вінницький, Липовецький, Немирівський та Хмільницький. Однак досить велика кількість районів мають незначні залишки в межах 10-15 тонн пестицидів. Проте є деякі райони, де їх кількість критична, а саме: Теплицький та Тиврівський з 220 та 183 тоннами відповідно. У цю таблицю по Шаргородському району не включено дані Джуринського отрутомогиляника з понад 2100 тоннами ХЗЗР. З даних таблиці можна констатувати факт того, що проблема пестицидів і досі залишається актуальною, а пестициди і досі становлять загрозу довкіллю і життю людей. Проте після проведення перезатарювання ця проблема може бути відтермінована на деякий час.

Станом на сьогодні відповідно до актів райдержадміністрацій кількість непридатних ХЗЗР, що потребують перезатарення, складає 163,1 тонни. З них 9100 кг рідкі та 154000 кг сипучих пестицидів.

Крім того, особливу небезпеку становлять інші промислові відходи, зокрема, міста Вінниця. На її території також є низка «проблемних» установ та споруд, на яких зберігаються, часто, безхозні відходи 1-4 класу небезпеки. Основні з них:

– 45 експериментальний завод – відходи 1 класу небезпеки (розчин хрому, цинку і міді) об’ємом 140 м³, розчин соляної, сірчаної, азотної кислоти – 8 м³, а також відходи 3 класу небезпеки у вигляді осаду з домішками хрому, цинку і міді – 32 м³;

– Територія ВО «Хімпром» - відходи 4 класу небезпеки: фосфогіпс – 211 тис. т, шлам станції нейтралізації – 197 тис. т, ванадієвий каталізатор – 92,94 т;

– Завод «Ореол» - відходи гальванічного виробництва невідомого хімічного складу (1 клас небезпеки) – близько 20 тонн;

– Завод «Термінал» - шлам відходів гальванічного цеху 1 класу небезпеки (запаковано в мішки) у кількості 120 тонн.

Крім цього, на території міста Вінниця зареєстровано більше ста потенційно небезпечних об’єктів, до яких в основному входять АЗС та підприємства, на яких зберігаються хімічні речовини різних класів небезпеки.

Також на території області є багато промислових джерел хімічного забруднення і вони теж становлять значний ризик, оскільки є непрацюючими підприємствами без постійного нагляду за відходами та їх поширенням.

Крім того, за даними статистики в Україну щороку офіційно ввозять пестицидів приблизно на 1 млрд доларів (955,4 млрд дол у 2018 р.). За неофіційними даними ще більше ввозять контрабандою. Майже всі сільськогосподарські угіддя охоплені використанням пестицидів (98,1 % територій рослинництва в 2017 р за даними статистики). У структурі ринку засобів захисту рослин і регуляторів росту в 2017 р. найбільшу частку займали гербіциди (49%), фунгіциди (27%), інсектициди (10%), інші пестициди (8%) та регулятори росту рослин (6%). У 2018 році



Рисунок 1.4 – Зображення фосфогіпсового терикону ВО «Хімпром», м. Вінниця

близько 60% усієї вартості імпорту пестицидів надійшло від Франції (25,6% до підсумку) на суму \$244,6 млн, Німеччини (18,4%) на \$175,6 млн і Китаю (17,0%) на \$162,8 млн. Всього щорічно в Україну ввозиться близько 100 тис тонн пестицидів. При цьому зареєстровано та перереєстровано близько 1000 пестицидних препаратів. Серед найбільш поширених пестицидів, які використовуються в Україні є такі (за діючою речовиною), які наведені у табл.1.6. Ринок пестицидів найбільше розвинений у таких регіонах (за даними управління статистики у 2018 році): Вінницька (7,3 % від усього обсягу застосування), Хмельницька (7,2 %), Кіровоградська (6,8 %), Харківська (6,4 %) і Сумська 6,4 %) та інші області.

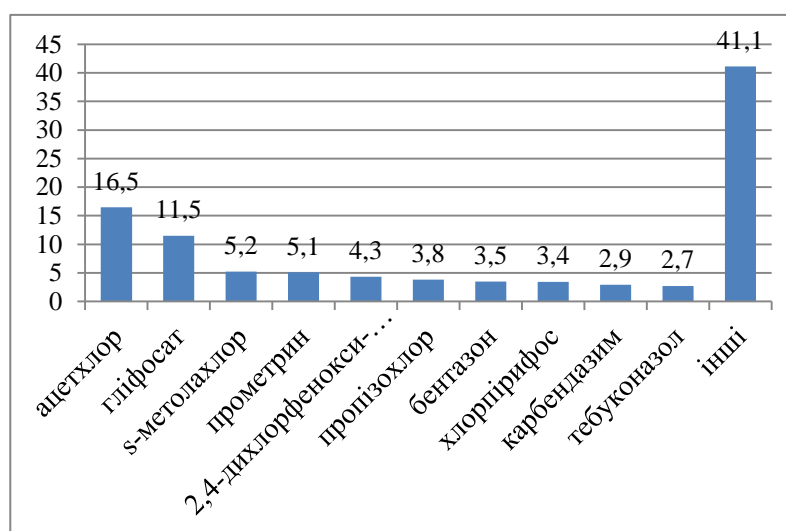


Рисунок 1.5 – Діаграма відсоткового використання пестицидів в Україні у 2018 році за діючими речовинами (за даними держстатистики)

Із самих тільки назв вже видно, що більшість пестицидів з даного переліку є хлорвмісними (хлорорганічні) та фосфорорганічні. Це передбачає наявність можливості їх утилізації відомими методами, зокрема, методами хімічними та термічними з декількаступеневим очищенням утворених газів.

При цьому існує низка проектів переробки некондиційних хімічних речовин на існуючих підприємствах України. Зокрема, реагентна переробка на хімічних заводах України, спалювання в обертових печах цементних виробництв та інші. Зараз в Україні є лише 1 ліцензоване підприємство по утилізації пестицидів термічними методами з можливістю переробляти до 300 т на місяць у м. Ба-

ранівка Житомирської області. Проте, наразі, дане підприємство майже не переробляє пестициди через низку перепон бюрократичного та організаційно-управлінського характеру.

Таблиця 1.6 - Використання пестицидів в Україні у 2018 році за діючими речовинами (за даними держстатистики)

Діюча речовина	% на ринку	кг
Ацетхлор	16,5	4170807,0
Гліфосат	11,5	2925859,2
S-метолахлор	5,2	1314382,3
Прометрин	5,1	1296534,7
2,4-дихлорфеноксоцтова кислота	4,3	1092152,0
Пропізохлор	3,8	953212,6
Бентазон	3,5	884771,0
Хлорпірифос	3,4	853537,0
Карбендазим	2,9	733196,7
Тебуконазол	2,7	696682,5
Інші	41,1	10419815,9

Отже, найбільш актуальними з перерахованих проблем у Вінницькій області є, безперечно, хімічне забруднення навколишнього середовища, яке є основою для захворювань викликаних антропогенними факторами впливу на довкілля.

Тому для поліпшення стану довкілля в області пропонуються такі першочергові заходи:

- впровадження прогресивних технологій збору, переробки та утилізації побутових відходів, їх безпечного зберігання у всіх населених пунктах (ліквідація стихійних сміттєзвалищ; впорядкування існуючих та будівництво регіональних полігонів побутових відходів; будівництво сміттесортувальних ліній та сміттєпереробних заводів; реалізація локальних проектів роздільного збирання сміття; рекультивация та «соціальне оздоровлення» традиційних місць стихійного скупчення відходів тощо);

- завершення ліквідації Джуринського отрутомогильника та замовлення проєкту його рекультивації;

- вирішення питання утилізації накопичених у минулі роки відходів гальванічного виробництва на ліквідованих колишніх підприємствах ВАТ "Завод Термінал", м. Вінниця; ВАТ "Вінницький завод "Ореол", м. Вінниця; ДП "45 експериментальний механічний завод", м.Вінниця та ін.;

- завершення проєктування та будівництво ОСК в решті не каналізованих районних центрів Вінниччини;

- вирішення питання мулових майданчиків очисних споруд каналізації м.Сороки;

зменшення забруднення атмосферного повітря об'єктами теплоенергетики, впровадження ефективних систем регулювання і контролю за викидами забруднювальних речовин від автотранспорту;

- подальший розвиток природо-заповідної справи, збільшення площ природо-заповідного фонду;

- розвиток інформаційної інфраструктури з екологічного інформування та підвищення рівня екологічної поінформованості населення області та ін.

Очевидно, що для цілковитого вирішення проблеми небезпечних хімічних відходів треба ще багато ресурсів. Причому на існуючих виробництвах та в аграрному секторі буде і в майбутньому утворюватися певна кількість відходів, які постійно будуть вимагати капіталовкладень. Тому одним із найбільш оптимальних шляхів вирішення цих проблем є налагодження власних ліній переробки небезпечних хімічних речовин, що, у свою чергу, дасть можливість зробити територію нашої держави і області, зокрема, чистішою та створити нові робочі місця.

1.5 Обґрунтування теми дисертаційної роботи

В результаті аналізу сучасних викликів управління, а також стану державної системи екологічної безпеки у сфері поводження з НП та ПВВ, можна констатувати, що для України, питання обігу, утилізації заборонених до використання і непридатних хімічно небезпечних речовин є надзвичайно гострою проблемою,

яка потребує оперативного вирішення. При цьому управління, як відомо, це цілеспрямований вплив на об'єкти задля підвищення ефективності функціонування систем, а екологічна безпека це такий стан та умови навколишнього середовища, коли забезпечується екологічна рівновага і гарантується захист довкілля та здоров'я людей, а також інших екосистем та біосфери в цілому. Відтак, мета управління екологічною безпекою спрямована на підвищення ефективності функціонування живих систем та забезпечення екологічної рівноваги та захисту довкілля і здоров'я людей. Однак, а умовах України управління відходами має, у значній мірі, безсистемний характер, наслідком якого є розпорошеність відповідальності державних органів і окремих природокористувачів за нанесення збитків навколишньому середовищу та здоров'ю людини. Одним із прикладів є відсутність будь якого державного управління і контролю за обігом та переробкою забрудненої пестицидами тари. Необхідно зазначити, що нові відносини та умови господарювання – це період переходу від адміністративно-планової роботи до ринково-підприємницької моделі, це інтеграція України у світовий і, зокрема, у Європейський інформаційно-технологічний процес; це не тільки скоординовані дії, але і планування, організація, мотивація, але, головне, – контроль, що сприяє ефективному управлінню з урахуванням інтересів майбутніх поколінь і екосистем (принцип сталого збалансованого розвитку). Крім цього, повинні бути закладені принципи і економічної ефективності, але, у першу чергу, екологічної стійкості та соціальної справедливості.

Крім відсутності у нашій державі чіткої системи управління у сфері поводження з відходами, наявні лише локальні, спорадичні приклади окремих регіонів, або природокористувачів з ефективним управлінням природоохоронними процесами. Безперечно, такий стан речей спонукає до розроблення і наукового обґрунтування саме інтегрованого управління екологічною безпекою у сфері поводження з усіма видами відходів, але, у першу чергу, небезпечними з них.

При цьому інтегроване управління екологічною безпекою – це діяльність спрямована на подолання екологічних ризиків і загроз в країні, створення сприят-

ливих умов для сталого екологічно безпечного поводження, зокрема, з НП та ПБВ; це скоординована діяльність компетентних державних органів і окремих природою користувачів. При цьому в основу інтегрованого управління покладено саме комплексний принцип державного управління, саме системний, всебічний, всеохоплюючий підхід. А основними інструментами такого інтегрованого, системного державного управління, зокрема, є:

- чітка інвентаризація та облік відходів, зокрема, НП та ПБВ;
- збалансована і зрозуміла програма дій, яка підкріплена гарантованою державною підтримкою;
- стимулювання і відповідальність учасників процесу та громадянського суспільства щодо дбайливого ставлення до природи і проблем відходів;
- підвищення інформаційного забезпечення діяльності у сфері поводження з відходами, зокрема, на основі сучасних ГІС-технологій тощо.

Необхідно також зазначити, що у законі України «Про загальну державну Програму поводження з токсичними відходами» тільки декларується, що метою Програми є запобігання нагромадженню токсичних відходів і обмеження їхнього шкідливого впливу на довкілля і здоров'я людини без констатації будь якого механізму реалізації цієї мети. Додамо, що закон України «Про управління відходами» та Національна стратегія щодо цього питання визначають ситуацію з відходами в Україні, як критичну! Це стосується утворення, накопичення, зберігання, перероблення, утилізації, транспортування та захоронення відходів, які зумовлюють подальші екологічні загрози і екологічну кризу у державі. При цьому індикатором цієї екологічної кризи може виступати будь яка область України, зокрема, Вінниччина, у якій накопичено на складах області ще близько 1000 тонн, а у Джуринському отрутомогильнику окремо ще понад 2000 тонн пестицидних препаратів. Крім того, інших небезпечних хімічних відходів складовано ще тисячі тонн.

Тому для цілковитого вирішення проблем небезпечних відходів у державі, крім організаційно-економічних важелів, для підвищення ефективності управлін-

ських дій вкрай необхідне наукове обґрунтування оптимальних форм саме інтегрованого управління екологічною безпекою непридатних пестицидів та пестицидвмісних відходів. Відтак, в основу дисертаційних досліджень покладено такі основні завдання:

1. Здійснити ретельний аналіз сучасних проблем інтегрованого управління у сфері поводження з ПП та ПВВ, встановити теперішній стан державної системи управління цією природоохоронною галуззю, відзначити кращі світові тенденції, зокрема країн ЄС у вирішенні цих питань, а також наголосити на недоліках та критичному стані проблеми поводження з відходами у державі.

2. Проаналізувати та розробити методологію досліджень та ідентифікації ПП та ПВВ, методики біотестування забруднених НП територій та водних об'єктів, а також обґрунтувати оптимальні методи оцінки екологічних ризиків від впливів небезпечних речовин.

3. Здійснити аналіз та експериментальні дослідження впливу отрутохімікатів на живі системи і довкілля, зокрема:

- на здоров'я дитячого населення України;
- на теріофауну України;
- фітотоксичний ефект ПП за допомогою біоіндикації;
- на забруднення водних середовищ з допомогою мультиспектральних методів та біотестування.

4. Обґрунтувати та розробити оптимальні методи і засоби утилізації, переробки та знешкодження НП та ПВВ, зокрема, термічні та реагентні методи, здійснити аналітичні дослідження фізико-хімічних характеристик термічної стійкості ПП, низькотемпературної деструкції сірко- та фосфорвмісних ПП, параметрів скорочення емісії діоксинів при термічному знешкодженні ПП, очищення пічних газів, квантово-хімічних розрахунків перебігу лужного гідролізу ПП, а також техніко-економічний аналіз сучасних мобільних систем технохімічного та плазмохімічного знешкодження ПП.

5. Розробити оптимальні форми інтегрованого управління екологічною безпекою місць зберігання залишків ПП, тари і упаковки та ремедіації, рекультивації і відновлення забруднених ними ґрунтів, а також оцінити відносну небезпеку органічних забруднювачів, що накопичились в Україні, за допомогою методу екотоксів.

6. Розробити методологію оптимальних форм управління при транспортуванні НП та ПБВ, моделі техногенно-антропогенних ризиків, безпечні маршрути перевезення небезпечних речовин і оцінити можливі зони ураження та ймовірні аварії.

7. Розробити науково обґрунтовані рекомендації з вдосконалення методологічної та нормативно-правової бази у сфері управління та поводження з ПП та ПБВ, особливостей інтеграції природоохоронного законодавства України до вимог Європейських стандартів, а також дати санітарно-гігієнічну оцінку різноманітних схем знешкодження ПП та ПБВ.

8. Розробити оптимізовану систему інтегрованого управління екологічною безпекою НП та ПБВ.

1.6 Висновки до розділу 1

1. Проаналізовано стан державної системи управління екологічною безпекою та вітчизняного законодавства у сфері поводження з НП та ПБВ. В результаті констатується гостра необхідність розбудови державної системи поводження з відходами, цілковитого впровадження відповідної ефективної законодавчої бази, інтегрованої з директивами ЄС, та жорсткого контролю за її дотриманням.
2. Розроблено класифікацію сучасних ПП та здійснено аналіз їх фізико-хімічних характеристик. Встановлено показники та класи небезпеки отрутохімікатів.
3. Досліджено токсикологічні характеристики стійких органічних забруднювачів та їх вплив на людину і довкілля. Встановлено механізми токсичного впливу СОЗ на живі системи з утворенням діоксинів, які є універсальною

отрутою на клітинному рівні з надзвичайно серйозними негативними наслідками на здоров'я людини.

4. Здійснено всебічний аналіз загроз екологічній безпеці України (на прикладі Вінниччини). В результаті встановлено, що на їх території накопичено значні обсяги непридатних ХЗЗР та пестицидвмісних відходів, які становлять значну загрозу довкіллю і життю людей. Крім того, розроблено і науково обґрунтовано ряд організаційно-правових та природоохоронних заходів, які дозволять підвищити ефективність системи управління небезпечних хімічних відходів у нашій державі.
5. Запропоновано розробити та науково обґрунтувати оптимальні форми саме інтегрованого управління екологічною безпекою та ефективного поводження з НП та ПВВ, які дозволять комплексно, системно, всебічно вирішувати і вирішити остаточно гостру проблему небезпечних відходів в Україні за кращими прикладами країн ЄС та передового світового досвіду.

Матеріали аналітичного розділу опубліковані у роботах автора [7, 21, 24, 25]

РОЗДІЛ 2 МЕТОДОЛОГІЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА ДОСЛІДЖЕНЬ ПЕСТИЦИДІВ ТА ПЕСТИЦИДВМІСНИХ РЕЧОВИН

2.1 Методологія дисертаційних досліджень

Перед тим, як здійснювати дисертаційні дослідження та наукові експерименти, передбачається побудова логічно-структурної схеми їх реалізації (рис. 2.1). В її основу покладено основні методи пізнання світу: аналіз, синтез, встановлення закономірностей, причинно-наслідкових зв'язків, ефектів екологічної індикації та моніторингу довкілля, експериментальну інформатику із застосуванням методів математичного моделювання та статистики, системного підходу тощо. При цьому формулювання ідей, мети, основних завдань дисертаційних досліджень, розуміння актуальності проблеми для людини та природоохоронної галузі, безперечно, забезпечить і чистоту експерименту, і достовірність отриманих результатів. При цьому експериментальні дослідження НП та ПВВ супроводжуються особливою небезпекою, оскільки вони є одними з найотруйніших забруднювачів в природі, тому для забезпечення безпеки життєдіяльності мають бути дотримані суворі санітарно-епідеміологічні норми та правила техніки безпеки при роботі з отрутохімікатами.

2.2 Методи ідентифікації неопізнаних сумішей непридатних пестицидів та інших небезпечних речовин

Важливим етапом утилізації є ідентифікація вихідних діючих речовин в препаративних формах [55] та аналітичний контроль залишкових концентрацій ПП, як правило, у вторинних водних та водно-органічних реагентних розчинах [56-61].

Нами запропоновані та використовувалися найбільш поширені методи контролю та визначення пестицидів в ґрунтах, воді та харчових продуктах рослинного походження.

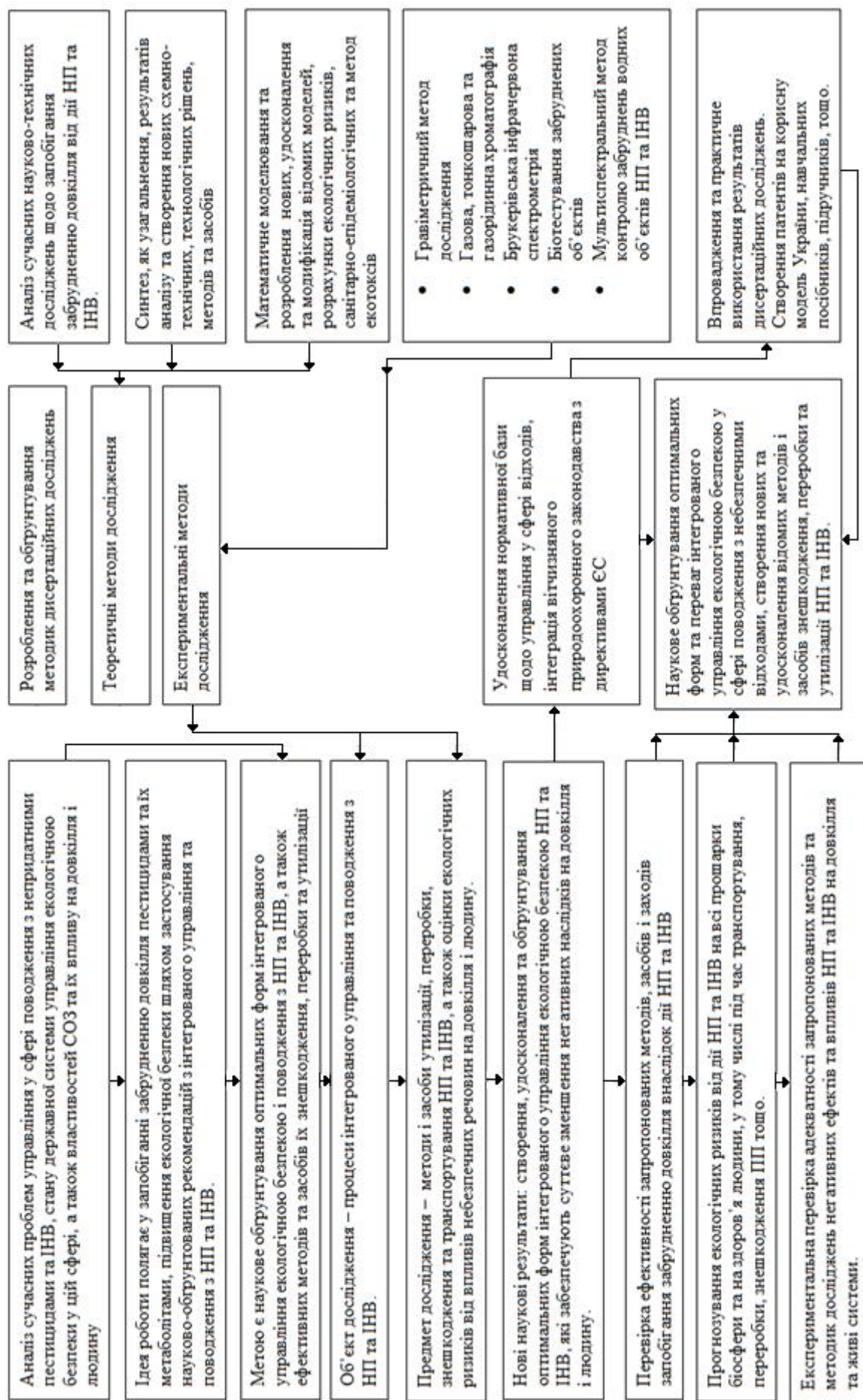


Рисунок 2.1 – Структурно-логічна схема методології дисертаційних досліджень

2.2.1 Тонкошарова хроматографія

Тонкошарова хроматографія (ТШХ) на першому етапі контролю дозволяє суттєво скоротити загальний час аналізу ПП при використанні таких методів як газова хроматографія (ГХ), рідинна хроматографія (РХ), газорідинна хроматографія (ГРХ), високоефективна рідинна хроматографія (ВЕРХ), або їх поєднання з мас-спектральним (МС) методом аналізу: ГХ-МС, РХ-МС, ВЕРХ-МС. В таблиці 2.1 наведені деякі дані стосовно використання ТШХ для початкового аналізу діючих речовин фосфорвмісних пестицидів (ФП).

Наведені в таблиці дані свідчать про те, що ТШХ досить ефективно використовується при початковому аналізі ПП, з використанням доступних твердих фаз та елюентів.

2.2.2 Газова та газорідинна хроматографія

Наукові публікації по газовому та газорідинному методу визначення ФП досить обмежені. Так, в роботі [62] констатується про розробку ГХ-методу визначення останків ФП в муці, який включає їх автоматичну екстракцію етилацетатом, ідентифікацію та кількісне визначення. В роботі [63] зазначено використання 6 розчинників (етилацетат, толуен, ізооктан, ацетон, гексан, ацетонітрил) при екстракції та визначенні ФП. Досліджені ФП стабільні в ацетонітрилі з добавкою 0,1% АсОН; дикофол і талоніл не стабільні в ацетоні; фентіон і дисульфен розклалися в етилацетаті. В роботі [64] метод ГХ використовували сумісно з твердофазною екстракцією для визначення атрацина, хлорпірифоса, мелатіона і бутахлора в природних водах. При цьому використовували твердофазну екстракцію і ГХ з азотно-фосфатним детектором.

2.2.3 Високоефективна рідинна хроматографія

В роботі [65] розроблена методика визначення ПП нового покоління: індоксикарба, карбосульфана, хлорсульфуруна, тірама, дазамета, та інших у воді, ґрунті і повітрі методом ВЕРХ. Експериментально встановлені умови вилучення означених ПП: вода – екстракція хлороформом; повітря – прокачування через сорбент

ХАД-2 або полісорб з наступним екстрагуванням ацетоном, хлороформом або ацетонітрилом.

Таблиця 2.1 – Умови визначення деяких ФП методом тонкошарової хроматографії.

№ п/п	Пестициди	Умови аналізу			Літерату- ра
		тверда фаза	елюент	Rf*	
1.	атразин, карбарил, карбофуран, аксурон, діурон, диметоат, імізаліл, оксаміл, метомідофос	силікагель	етилацетат, дихлорметан		66
2.	мікотоксиканти	пластини КСК			67
3.	метафос, трихлорметафос-3	пластини КСК	хлороформ: бензен=1:1	0,28- 0,31	68
4.	диметоат	платини «сорбфіл»	толуен:етанол: ацетатна кис- лота=7:1:0,1	0,52	69

* Rf – це безрозмірна величина, яка показує відношення пройденого шляху плями речовини на пластинці ТШХ до пройденого шляху елюенту.

В роботі [70] розроблено метод ВЕРХ з використанням флуоресцентного детектора для визначення залишкових кількостей гліфосата в цукрі. За оригінальною методикою екстрагують гліфосат, висушують його, розчиняють в етилацетаті та використовують для кількісного визначення. В роботі [71] наведена універсальна методика визначення залишкових кількостей 73 пестицидних препаратів в овочах і фруктах з використанням ВЕРХ сумісно з тандемною мас-спектроскопією. Залишкові кількості ПП із продуктів харчування вилучали екстракцією ацетонітрилом з подальшим їх кількісним визначенням [72].

2.2.4 Газова хроматографія /мас-спектрометрія

Метод ГХ/МС знайшов широке використання при аналізі різних природних об'єктів на наявність в них залишкових кількостей ПП із класу хлорорганічних (ХОП) та фосфорорганічних пестицидів (ФП) [73]. Так, в роботі [74] розроблено мультизалишковий метод визначення 90 ПП в свіжих овочах і фруктах. Залишкові кількості ПП екстрагували ацетоном та очищали їх на високосшитому полістирол-дивінілбензолному полімері LiChrolutEN з послідувачим їх визначенням.

В роботі [75] методом ГРХ/МС визначено залишкову кількість ПП трифлуарина, перметрина в річковій воді з використанням твердофазної мікроекстракції на поліакрилатному сорбенті. В роботі [76] визначені пестицидів (паратіон-метил, фенітротіон, малатіон, фентіон, бромфос, бромфос-етил, фенміфос, етіон) з використанням екстракції розчинником з проміжною полімерною мембраною. В роботі [77] досліджені оптимальні умови іонізації 19 ФП та їх визначення методом ГХ/МС. При цьому досліджено вплив температури, електронної густини, інтенсивності емісії і тиску газу (амоніак або амоніак в метані) на отриманні мас-спектри. В роботі [78] досліджено визначення мікрокількостей пестицидів в різних тканинах людини. Аналіз включав екстракцію ФП сумішшю етанол-етилацетат, очищенням екстрактів гель-проникаючою хроматографією і визначенням ФП сполученням ГР/МС при мінусовій хімічній іонізації в режимі моніторингу інтенсивності піка вибраного іона.

2.2.5 Рідинна хроматографія/мас-спектрометрія

На відміну від комбінованого методу ГХ/МС, який на сьогодні знайшов широке використання, комбінований метод РХ/МС знайшов менше практичне використання. В роботі [79] розроблена методика визначення 16 мульти класів ПП, які, як правило, використовують для захисту зернових культур та протравників зерна. Стадія пробопідготовки включала використання суміші елюентів етилацетату і натрію сульфата в присутності 6,5 М розчину NaOH. Отриманий екстракт без додаткового очищення використовували для визначення ПП, використовуючи метод РХ/МС в режимі позитивних іонів [80].

2.2.6 Брукерівська Фур'є-інфрачервона спектрометрія

Фур'є-спектроскопія — метод вимірювання спектрів, в якому інформація про когерентність сигналу (наприклад, електромагнітної хвилі) накопичується у вигляді часової або просторової розгортки, до якої застосовується перетворення Фур'є. Метод застосовується в широкому колі спектроскопій різного типу, зокрема в оптичній спектроскопії, інфрачервоній спектроскопії (FTIR, FT-NIRS), ядерному магнітному резонансі та отриманні зображень на його основі [81], мас-спектроскопії, спектроскопії електронного парамагнітного резонансу тощо. Часову когерентність світла можна вимірювати кількома різними методами, зокрема за допомогою спектрометра Майкельсона та імпульсного фур'є-спектрографа (чутливішого та швидшого за звичні спектроскопічні методики, але застосовного лише в умовах лабораторії).

Фур'є-спектроскопія відображає той факт, що всі ці методи використовують перетворення Фур'є для одержання спектрів із вихідних даних і в оптиці часто працюють з інтерферометрами. Теоретичною основою методики є теорема Вінера-Хінчина. При цьому Брукерівська Фур'є інфрачервона спектрометрія використовує методики німецьких дослідників Еміля Брукера та Гюнтер Локієна з використанням обладнання однойменного німецького виробка Bruker Scientific Instruments.

2.3 Біотестування забруднених непридатними пестицидними препаратами територій та водних об'єктів

Біотестування забруднених непридатними пестицидними препаратами територій та водних об'єктів здійснювалось за методиками відомими в даній галузі [82-90].

Методики можуть використовуватись для визначення токсичності стічних, поверхневих, підземних і питних вод; водних розчинів хімічних речовин; водних витяжок з ґрунтів, осадів стічних вод, промислових і побутових відходів.

При цьому у якості тест-об'єктів використано мікроводорості (хлорелу (*Chlorella vulgaris*) та сценедесмус (*Scenedesmus subspicatus*)) та макрофіти (ряска

мала (*Lemna minor*)). У керівному документі по водній екотоксикології ЄС за Директивою 91/414/ЕЕС [83] рекомендовано використовувати такі тест-об'єкти при оцінюванні екологічних загроз та дослідженні впливу на довкілля гербіцидів та регуляторів росту рослин. Досвід можливостей використання біотестування забруднених непридатними пестицидними препаратами територій та водних об'єктів проаналізовано у роботах [90-97].

У ряді Директив ЄС використовуються два підходи для оцінки екологічного ризику небезпечних речовин: імовірнісний і детермінований. Для оцінки імовірнісного ризику використовується розподіл концентрацій небезпечних речовин у довкіллі і їх токсичність. Результатом оцінки імовірнісного ризику є ймовірність настання несприятливих наслідків при потрапленні небезпечних речовин у довкілля.

Оцінка детермінованого екологічного ризику небезпечних речовин використовує фіксовані значення токсичності і концентрацій небезпечних речовин у довкіллі. При цьому показником детермінованого ризику є співвідношення TER (Toxicity Exposure Ratio) [83]:

$$TER = \frac{LC_{50}}{C}, \quad (2.1)$$

де: LC_{50} – напівлетальна концентрація для певного тест-об'єкта;

C_i – концентрація небезпечних речовин у довкіллі.

При цьому допустимо $TER > 10$ для таких тест-об'єктів, як мікроводорості та макрофіти [83].

Крім того, при використанні у якості тест-об'єкту мікроводорості (*Chlorella vulgaris*) та сценедесмусу (*Scenedesmus subspicatus*)) необхідно встановити відмінності між інтенсивністю росту водоростей у досліджуваній пробі і культуральному середовищі. Критерієм токсичності є зниження на 20% і більше концентрації частинок мікроводорості, що вирощується протягом певного часу у тестованій воді у порівнянні з контролем, що підготовлений на дистильованій

воді. Час експозиції складає 96 годин для визначення наявності гострої токсичної дії та 14 діб для визначення наявності хронічної токсичної дії.

Для визначення концентрації частинок мікрководорості у кюветах розроблено мультиспектральні методи і засоби. Зокрема у роботі [31] вдосконалено метод опосередкованого вимірювання параметрів неоднорідних природних середовищ мультиспектральним методом з використанням нечіткої логіки. Для вирішення оберненої задачі опосередкованого вимірювання параметрів використано нечітку логіку та програмне забезпечення MATLAB. Отримані значення похибки опосередкованого вимірювання параметрів мультиспектральним методом з використанням нечіткої логіки для обробки результатів склав 3,7%, що достатньо для оцінювання токсичного впливу непридатних пестицидних препаратів на довкілля у порівнянні з традиційними методами вимірювання за допомогою мікроскопа з лічильною камерою Горєва чи за допомогою спектрофотометра, що спричиняють похибку понад 10%.

У роботі [30], завдяки врахуванню ефекту локалізованого поглинання випромінювання частинками фітопланктону підвищена точність мультиспектральних вимірювань. Внесено корегуючі коефіцієнти, що визначаються формою та розмірами частинок фітопланктону. При цьому за рахунок корегування систематичної похибки вимірювань концентрації частинок мікрководорості загальна похибка вимірювань може бути зменшена до 0,5%.

Засоби мультиспектрального вимірювання параметрів неоднорідних природних середовищ, що можуть бути використанні для дослідження параметрів мікрководоростей та макрофітів для біотестування забруднених непридатними пестицидними препаратами територій та водних об'єктів, розроблені у роботі [98]. У ній здійснено математичне моделювання динаміки популяцій фітопланктону у водних екосистемах за допомогою системи рекурентних рівнянь [28]. При цьому оцінювання екологічного стану водних об'єктів здійснено на основі індексів Сімпсона та Шеннона, розрахованих на основі значень відносної чисельності фітопланктону різних видів. При погіршенні екологічного стану екосистеми вод-

ного об'єкту внаслідок його забруднення непридатними пестицидними препаратами змінюється співвідношення між різними видами фітопланктону у водному об'єкті, певні види, які менш чутливі до цих забруднюювальних речовин починають домінувати в екосистемі поступово, витісняючи з екосистеми водного об'єкта інші види. При цьому, відносна чисельність домінуючих видів буде зростати, що призведе до зростання індексу Сімпсона. В свою чергу, при погіршенні екологічного стану водного об'єкту, наприклад, внаслідок його забруднення непридатними пестицидними препаратами найбільш чутливі види фітопланктону зменшують свою чисельність і в подальшому повністю зникають та витісняються більш стійкими до забруднення видами фітопланктону, що призводить до зменшення індексу Шеннона.

У роботі [27] здійснено біоіндикація якості водного середовища з використанням макрофітів, зокрема ряски малої (*Lemna minor*). При використанні у якості тест-об'єкту ряски малої (*Lemna minor* L.) у пробах відзначають збереження або зміну морфологічних ознак її листеців, зокрема, зміну забарвлення (пожовтіння або збліднення (хлороз), повне знебарвлення (некроз)) в дослідних і контрольних пробах. Потім мультиспектральними методами і засобами вимірюється відносна площа поверхні водного середовища, вкритої рослинами ряски без морфологічних змін, зі змінами та чиста поверхня водного середовища. Відповідно до [89] визначення показника токсичного впливу проводиться протягом 7 діб. Дослідження зафіксувало наступні морфологічні відхилення від норми рослин ряски під впливом забруднювача: хлороз, пожовтіння, в'янення листя, специфічна реакція. Для автоматизації процесу тестування використано мультиспектральний метод, який полягає в отриманні серії зображень за допомогою CCD-камери на різних довжинах хвиль, зокрема, на характеристичних довжинах хвиль пігментів макрофітів. Після обробки зображень та їх сегментування визначено площу вільної від рослин ряски поверхні води; площу поверхні, яку займають рослини ряски без пошкоджень, викликаних дією токсичних речовин; а також площу поверхні,

зайняту рослинами ряски з наявністю ушкоджень, викликаних дією токсичних сполук.

2.4 Обґрунтування вибору оптимальних методик оцінки екологічних ризиків від впливів небезпечних речовин

На сучасному етапі сучасного розвитку суспільства людство вирішує екологічні проблеми за принципом – «реагування та виправлення». Така концепція є досить примітивною і обмежує максимальні результати. Більш прогресивною є концепція «передбачення та попередження» екологічних проблем. Але, на жаль, така концепція потребує потужного системного аналізу ризиків. Існуючі методології дослідження та розрахунку ризиків на сьогоднішній день є занадто складними і тому малоефективними. Складність методик зумовлює майже неможливість їх використання, оскільки для визначення елементарних ризиків довіллю чи здоров'ю людини варто проводити складні наукові дослідження з використанням великого об'єму статистичних даних. Хоча іноді більш ефективним може бути приблизний розрахунок значень ризиків. На жаль, на сьогодні майже не існує методик спрощених розрахунків ризиків, тому їх дослідження та розробка є досить актуальною задачею.

Для оцінки ймовірності реалізації загрози чи ризику використовують різні закони та складові теорії ймовірності. Тим не менше, велика частина подій не може бути розглянута цими складовими. Це, як правило, події одиничні та неповторювані. Ці події носять невизначений характер і відносяться до категорії «може відбутися, а може й не відбутися» і до них поняття та методи теорії ймовірності іноді є мало застосовуваними [99].

Твердження, що при виконанні певного переліку умов a подія A має ймовірність p зводиться до пізнавального значення, оскільки воно вказує на наявність своєрідного зв'язку між комплексом умов a та подією A . Цей зв'язок, чи залежність приймається як гіпотеза в теорії ризиків. При цьому наукова задача дослідження ризиків полягає у виявленні цього зв'язку. Її вирішенню присвячено багато досліджень, але, тим не менше, вона залишається до кінця не вирішеною.

Отже, ймовірність випадкової події A називається відношення числа подій, з яких складається A (тобто числа m), до числа всіх можливих елементарних подій (тобто числа n). Ймовірність випадкової події A позначається умовно символом $P(A)$ і визначається так :

$$P(A) = m/n . \quad (2.2)$$

На жаль, в екології таке визначення ймовірності реалізації загрози не використовується, оскільки воно стосується рівноймовірнісних елементарних подій типу: випадіння кульки одного кольору і т.п. Оскільки ймовірності реалізації екологічних загроз різні, то варто використовувати інші шляхи розрахунку, які б включали більше число факторів реалізації події, а тому й мають більш складну залежність. Тим не менше, класичне визначення ймовірності допомагає в розумінні поняття «ризик».

Відповідно до *теорема складання(суми) ймовірностей* у випадку, коли декілька подій окремо (B, C і т.д.) призводять до реалізації події A , отримаємо суму ймовірностей настання кожної з подій:

$$P(A) = P(B) + P(C). \quad (2.3)$$

Для екологічних ризиків ця теорема може бути використана, наприклад, при розрахунку настання аварії у випадку відмови обладнання B, C тощо, чи розрахунку екологічного ризику отруєння токсикантами B, C . Але, знову ж таки, варто знати часткові ймовірності настання подій B, C .

Судячи з визначення ризику реалізації загрози, можна зробити математичне визначення протилежному поняттю «безпеки» (\bar{A}), коли:

$$P(\bar{A}) = 1 - P(A). \quad (2.4)$$

Для встановлення залежностей між причиною та наслідком події в екологічній безпеці можна використовувати формулу Байєса:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) \cdot P(A)}{P(B)}, \quad (2.5)$$

де: $P(A)$ – апіорна ймовірність гіпотези A (роз'яснення термінології далі); $P(A|B)$ – ймовірність гіпотези A при настанні події B (апостеріорна ймовірність);

$P(B|A)$ – ймовірність настання події B при істинності гіпотези A ; $P(B)$ – повна ймовірність настання події B .

Формула Байєса дозволяє «переставити причину і наслідок»: за відомим фактом події обчислити вірогідність того, що вона була викликана даною причиною.

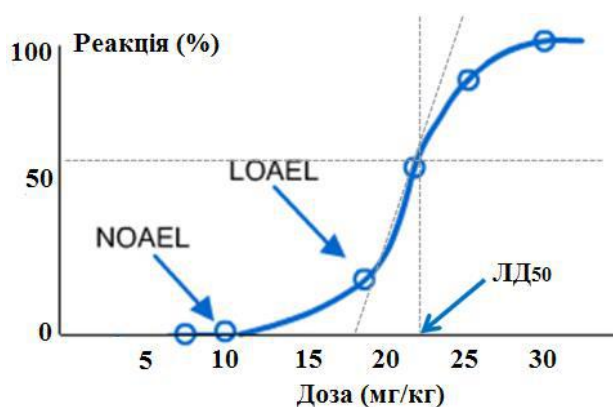
Як бачимо, ця теорія може бути використана, але за умови наявності даних усіх перерахованих ймовірностей, для підрахунку яких знову ж таки треба володіти статистичною інформацією [100].

Тому зрозумілим стає те, що ця теорія має багато недоліків при спрощених розрахунках ризиків.

При цьому для розрахунку ризиків варто вводити нові величини попереднього розрахунку, а для розрахунку ризику настання небажаної події варто оперувати певними вихідними значеннями. Для екологічних систем, пов'язаних з хімічними речовинами, викидами, скидами і т.п. можна в якості основної базової одиниці використовувати кратність перевищення ГДК i -тої хімічної речовини ($C_{\text{відн}}$):

$$C_{\text{відн}} = \frac{C_{\text{хім.реч}}}{ГДК_{\text{хім.реч}}} \quad (2.6)$$

Оскільки на ймовірність настання ризику впливає також і об'єм (площа, маса і т.д.) речовини з n -кратним перевищенням ГДК, то його теж варто враховувати.



Рисунки 2. 2 Схематичне зображення відмінностей у концентраціях

Тобто може бути забруднена велика територія з незначним перевищенням ГДК і, навпаки, незначна територія з багатократним перевищенням концентрації. В даному прикладі кратність перевищення не показує об'єктивно реальних ризиків для довкілля.

В англійських країнах (зокрема, США) для вимірювання ризиків часто використовують систему NOAEL

[101,102] (No observed adverse effect level), яка дозволяє розрахувати рівень концентрації шкідливої речовини, при якому не спостерігається жодних ефектів. Цей рівень може бути використаний в процесі встановлення відносин доза - реакція, і може бути фундаментальним кроком в більшості методологій оцінки ризиків. Також використовують систему значень LOAEL, що показує найнижчий рівень впливу чи концентрації речовини, при яких спостерігаються первинні реакції. Як правило, вони значно нижчі за ЛД₅₀ та за ЛД₃₀.

Як відомо, значення ЛД₅₀ використовуються при розрахунку ГДК, що містить певну невідповідність. ЛД₅₀ встановлює межу гибелі 50 відсотків піддослідних організмів, а ГДК, що розраховується з неї, показує безпечну для людини межу. Для виявлення безпечної для людини межі більш доцільно використовувати значення NOAEL.

На даний момент в Західноєвропейських країнах відмовляються від концепції ГДК з переходом до концепції ГДЕН (гранично допустимого екологічного навантаження), що враховує вплив на людину не окремих факторів, а їх сукупності, тобто враховує ефект сумації.

Також використовують такі одиниці вимірювання як відношення доза-ефект. Оскільки наведені нижче одиниці не мають україномовного аналогу, тому вони наводяться мовою оригіналу (англ.):

1. T25. Потужність хронічної дози, яка дасть 25% пухлин тварин у конкретній тканині протягом усього життя. Визначення проводять на теплокровних тваринах. В основному використовується цей вид доз для визначення канцерогенності хімічних речовин чи фізичних факторів.
2. BMD10. Хронічна дозова оцінка, яка припускає, що 10% тварин будуть мати пухлини у конкретній тканині протягом життя.

Одиниці вимірювання T25 та BMD10 - мг/кг ваги /добу. Вони можуть бути використані для обчислення виведеного мінімального рівня експозиції, від якого рівень забруднення канцерогенів стає допустимим. Використовується виключно

для тварин, хоча вказані концентрації будуть мати приблизно схожі ефекти і в людському організмі.

3. EC50 (median effective concentration). EC50 (середня ефективна концентрація) – це концентрація досліджуваної речовини, що призводить до 50-відсоткового скорочення росту водоростей (EbC50) або швидкості росту водоростей (ErC50). Їх часто отримують при дослідженнях водного окиснення. Одиниці вимірювання EC50 – мг/л. Значення EC50 часто використовуються для класифікації гострої екологічної небезпеки водних об'єктів та розрахунку прогнозованої концентрації.
4. NOEC (No observed effect concentration). Концентрація, при якій відсутній спостережуваний ефект (NOEC) – це концентрація у складовій довкілля (вода, ґрунт тощо), нижче якої не буде спостерігатися неприйнятний ефект. Вона, як правило, отримується з хронічних досліджень токсичності води та досліджень наземної токсичності. Одиниці вимірювання NOEC – мг/л. Перевищення значень NOEC часто використовуються для класифікації небезпечних для навколишнього середовища факторів та для розрахунку прогнозованої концентрації без спостережень ефектів.
5. DT50 (degradation time). Період напіввиведення (DT50) визначається як час, протягом якого кількість небезпечної сполуки зменшується наполовину через розкладання у компонентах навколишнього середовища (вода, ґрунт, повітря тощо). Він використовується для вимірювання стійкості речовини. Одиниці вимірювання – дні. DT50 часто використовується для моделювання впливу на навколишнє середовище, щоб прогнозувати концентрацію речовини у компонентах довкілля протягом тривалого періоду часу.

Проте жодна з наведених характеристик хімічних речовин в Україні нормативно не закріплена, а для визначення екотоксикологічних параметрів використовується лише ГДК, що розраховується з перерахунку ЛД₅₀.

Крім наведених параметрів, є низка інших, які регламентують характеристики речовин та їх вплив на шкіру, водні та ґрунтові організми тощо.

Тому для чітких і зрозумілих значень ризиків мають існувати прості формули їх розрахунку. Знову ж таки, таких формул є дуже багато і немає чіткої системи, які з них більш ефективні в певних ситуаціях [103,104].

Наведемо декілька основних методів для різних об'єктів довкілля:

1. **Метод екотоксів** [170], який використовується в основному в пострадянських країнах і базується на порівнянні токсичності речовини (в основному агрохімікатів) з показниками токсичності пестициду ДДТ (вважається таким, що дорівнює одиниці). Розраховується за виразом:

$$E = \frac{P \times N}{LD_{50}}, \quad (2.7)$$

де P – період напівзникнення речовини з навколишнього середовища, тижні;
N – середня норма витрати препарату, кг/га; LD₅₀ – середня смертельна доза при пероральному надходженні в організм щурів, мг/кг.

Загалом, дана формула досить вдало відтворює відносні токсикологічні параметри агрохімікатів, але не є універсальною і не може бути використана до деяких промислових відходів, до газів і т.п., а тому потребує вдосконалення з внесенням певних поправочних коефіцієнтів для інших забруднювальних речовин і впливів. Недоліком використання методики екотоксів є неможливість виявлення критичної межі впливу хімпрепарату.

2. **Метод розподілу рівноваги/** Equilibrium Partitioning Method (EPM) для передбачення значень концентрації [105], що не викликає негативних наслідків (PNEC) [106, 107]. При цьому за відсутності будь-яких екотоксикологічних даних для ґрунтових організмів, PNEC-ґрунт можна попередньо розраховувати з PNEC-води за допомогою методу рівноважного поділу (EPM). Цей метод може привести до переоцінки або недооцінки токсичності та варто розглядати лише як метод для ідентифікації речовин, що потребують додаткових випробувань на ґрунтових організмах. Тобто він дає розрахункову передбачувану оцінку токсичності з певною точністю.

При цьому ЕРМ, як правило, не рекомендується використовувати для речовин, які можуть створювати потенціал для ґрунтових організмів (наприклад, $\log K_{ow} / K_{oc} > 5$ та $LC_{50} / EC_{50} < 1$ мг / л для водних видів).

Формула нижче свідчить, як можна обчислити РНЕС-ґрунт з РНЕС-води, використовуючи метод розподілу рівноваги (ЕРМ):

$$PNEC_{\text{ґрунт}} = \frac{K_{\text{ґрунт-вода}}}{\text{Щільність мокрого ґрунту}} PNEC_{\text{вода}} \cdot 1000. \quad (2.8)$$

Підставивши дані в дані у цю формулу, вона дещо спрощується до такого вигляду:

$$PNEC_{\text{ґрунт}} = (0,1176 + 0,01764 \cdot K_{oc}) \cdot PNEC_{\text{вода}}. \quad (2.9)$$

де K_{oc} – коефіцієнт розподілу органічного вуглецю, виміряний або оцінений з логарифму K_{ow} .

Вище наведені методи розрахунку екоризиків складають лише малу частину від всіх існуючих методик. Підсумовуючи вищезазначене, можна зробити висновок про складність існуючих методик чисельних розрахунків. Крім того, значення ризиків від екологічно шкідливих впливів важко порівняти між собою через відсутність єдиного теоретичного підґрунтя. Через це немає потреби рахувати точно ризики, які потім використовуються у вкрай вузькому колі наукових питань.

Наразі сформувався потреба у спрощеному методі розрахунків ризиків екологічних впливів, що дозволяє чисельно порівнювати хімічні впливи на різні об'єкти довкілля. При цьому метод розрахунків екологічних ризиків має включати основні токсикологічні параметри виявленої в довкіллі хімічної речовини та показники самовільного (чи біологічного) розщеплення сполуки в певному середовищі. Основними токсикологічними параметрами, безумовно, має бути концентрація компонента та існуючий норматив чи допустима межа цього компонента в довкіллі. Як вже зазначалося вище, межею може бути ГДК, LD_{50} для різних піддослідних тварин, середня ефективна концентрація та інші. Для різних складових

довкілля означені параметри можуть використовуватися різні, наприклад, орієнтовна допустима концентрація в ґрунті чи максимальна допустима концентрація у воді. Для спрощених розрахунків варто використовувати величини, які є легкодоступні, наприклад, ГДК речовини. І, навпаки, уникати токсикологічних параметрів речовин, які існують вибірково лише для деяких хімічних речовин, наприклад, такі як канцерогенність чи мутагенність.

Тому, як базис для спрощених розрахунків, нами пропонується використовувати методику екотоксів, запропоновану Мельниковим М.М [262]. Проте дана методика розрахована виключно для ґрунтового середовища і порівнянь токсичності агрохімікатів. При доповненні і введенні певних поправочних коефіцієнтів дану методику можна розширити для розрахунків екотоксичності у водному і ґрунтовому середовищі, у атмосфері тощо.

Для того, щоб одиниці розрахунку екотоксичності були безрозмірними і, водночас, для отримання даних екотоксів на певний проміжок часу (рік), введено додатково поправочний коефіцієнт. Нижче запропоновано формулу спрощеного розрахунку екологічних ризиків (екотоксів):

$$E = 52 \frac{P \times C}{ДК}, \quad (2)$$

де P – період напізнання 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; ДК – 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 – це кількість тижнів у році.

Дана методика при доповненні дозволяє також рахувати поширення екотоксичності від точкового джерела хімічних компонентів. Для цього варто у формулу ввести:

- для водних об'єктів – існуючі математичні моделі розбавлення;
- для атмосфери – математичні моделі осідання, дифузії, вивітрювання;
- для ґрунтів – математичні моделі проникнення, просочування, вимивання з ґрунту.

Дана методика дозволяє враховувати ефект сумачії декількох хімічних речовин (впливів) на певній території, а саме:

$$\sum E = E1 + E2 + En \quad (2.11)$$

Відповідно цьому рівнянню при наявності певної сукупності впливів їх екотокси сумуються. Наведемо приклад розрахунку екотоксу при внесенні пестицидів для захисту, наприклад, озимої пшениці:

Таблиця 1.1 - Приклад розрахунку екотоксу

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

В результаті розрахунку можна зробити очевидний висновок – пестицид «Грандстар» самий небезпечний для довкілля серед представлених. На практиці дану інформацію можна використати для заміни даного пестициду на більш безпечний, який має менший період напівзникнення чи вищі параметри ГДК.

Дана методика дозволяє порівнювати відносну екологічну небезпеку різних хімічних впливів на довкілля, проте вона не містить певних допустимих значень

екотоксу. Тобто не існує безпечної межі перевищень токсичного впливу на навколишнє середовище. При цьому будь який вплив, навіть мінімальний, несе навантаження на об'єкти довкілля, порушуючи екологічні зв'язки при знищенні бактерій, грибків, комах, водних організмів чи теплокровних тварин та ін. Проте дану методику можна використовувати для визначення найбільш небезпечних впливів з метою їх мінімізації та усунення.

Отже, кожна з існуючих методик розрахунків екологічних ризиків має певні недоліки, основними з яких є відсутність вихідних даних для розрахунків, дороговизна, складність прикладних досліджень та експериментів. Проте запропонована методика спрощеного розрахунку екологічних ризиків дозволяє швидко і ефективно визначати відносну екологічну небезпеку різних хімічних впливів на довкілля, що дозволяє підбирати оптимальні механізми мінімізації шкідливих впливів.

2.5 Висновки до розділу 2

1. Розроблено логічно-структурну схему методології дисертаційних досліджень, як базову основу для вирішення проблеми НП та ПВВ.
2. Наведено сучасні методи ідентифікації неопізнаних сумішей НП та інших небезпечних речовин. Висновки і результати цього аналізу дають можливість пропонувати відповідні технологічні операції для знешкодження або практичного впровадження отриманих з них продуктів.
3. Розроблено методики біотестування забруднених НП територій та водних об'єктів, які використані для визначення їх токсичності. Вони базуються на застосуванні тест-об'єктів з використанням мікро- та макроводоростей та мультиспектральних методів контролю параметрів природних середовищ.
4. Обґрунтовано вибір оптимальних методів оцінки екологічних ризиків від впливів небезпечних речовин. При цьому встановлено, що екологічні загрози оцінюються не простою ймовірністю їх настання, а добутком цієї ймовірності на величину завданої шкоди довкіллю та здоров'ю людей з неодмінним врахуванням багатьох параметрів (ГДК шкідливої речовини, кратність їх перевищення, період напіврозпаду у довкіллі тощо).

5. Зазначено перспективність системи оцінювання ризиків NOAEL, яка базується на використанні показників ЛД₅₀ та ЛД₃₀, а також системи ГДЕН, яка враховує ефект сумачії усіх шкідливих факторів. Запропоновано також методику спрощеного розрахунку екологічних ризиків, яка базується на методі екотоксів та дозволяє ефективно визначати відносну екологічну небезпеку різних хімічних речовин та їхніх впливів на довкілля.

У розділі використані роботи автора [4,6,10].

РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОТРУТОХІ- МІКАТІВ ТА ІНШИХ НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН НА ЖИВІ СИСТЕМИ І ДОВКІЛЛЯ

3.1 Дослідження небезпечних факторів впливу хімічних та радіологічних забруднень, непридатних пестицидів на здоров'я дитячого населення України

Одним із найбільш ефективних методів оцінки впливу небезпечних факторів на живі системи є біоіндикація. Біоіндикація передбачає оцінку стану середовища за допомогою живих об'єктів. Живими об'єктами, зазвичай, виступають клітини, організми, популяції, спільноти. З їх допомогою може проводитися оцінка як абіотичних факторів (температура, вологість, кислотність, солоність, вміст політантів тощо), так і біотичних (життєва здатність організмів, їх популяцій і угруповань). Термін «біоіндикація» частіше використовується в європейській науковій літературі, а в американській його зазвичай заміняють аналогічною за змістом назвою «екотоксикологія» [108].

Біоіндикація, частіше всього, базується на спостереженні за складом та чисельністю видів-індикаторів. А метод біоіндикації заснований на вибіркового біологічному накопиченні речовин з навколишнього середовища організмами рослин і тварин. Найбільш небезпечними для біотичних спільнот є антропогенні забруднення ґрунту та водою важкими металами, радіонуклідами, деякими хлорорганічними похідними, оскільки накопичення цих речовин в живих організмах (як усім організмом, так і його окремими частинами) порушує нормальний метаболізм, впливає на біохімічні, цитологічні і фізіологічні процеси, та в цілому погіршує стан і відтворюваність популяції [109].

Відомими є багато способів дослідження людського організму та виявлення певних впливів довкілля на нього. Більшість методів є не прямими, а опосередкованими. Наприклад, дослідження концентрацій хімічних речовин та доз фізичних впливів в середовищі існування людини. Самі граничні концентрації, рівні чи до-

зи (ГДК, ГДД, ГДР), як правило, розраховуються за допомогою летальних доз (ЛД) впливів певних факторів на піддослідних організмів [110]: щури, миші, кури, кролики та ін. Як правило, граничні впливи напряду на людський організм не розраховуються, а тому і розкривають об'єктивно вплив факторів середовища на людину [111].

Найбільш якісно і точно виявити впливи довкілля можна лише напряду на людину, проте це неможливо з використанням «концепції ГДК». Для ґрунтового дослідження впливу забрудненого і порушеного довкілля на людину варто проводити детальне дослідження всіх можливих параметрів здоров'я людини: біохімічне дослідження крові, зміни тиску, температури, генетичних впливів, загальне самопочуття людини та ін.

Загалом, виявлення кореляції між різними (всіма) впливами довкілля та порушеннями здоров'я людини на певній території є вкрай складною, хоча й актуальною задачею.

Розроблена за нашої участі методика за відомим методом Макаца В.Г. володіє можливістю використовувати для аналізу екологічної порушеності територій людський організм. В якості об'єкта дослідження пропонується використовувати дитяче населення. Здоров'я дитячого населення певної території більш об'єктивно відображає екологічну порушеність території, оскільки діти не зловживають шкідливими звичками, не мають професійних хвороб, харчуються, як правило, більш якісною їжею, що дозволяє отримати більш точну інформацію безпосередньо про екологічні впливи на здоров'я населення. Отже, дослідження функціонального здоров'я дитячого населення з подальшим аналізом медико-екологічних впливів довкілля є вкрай актуальним завданням.

При цьому суть методу біодіагностики і біоіндикації територій за допомогою аналізу функціонального здоров'я населення полягає у дослідженні методом еколого-медичного районування комплексного стану вегетативної нервової системи (ВНС) дитячого організму і аналіз процесів, що на нього впливають.

Показники вегетативної (автономна) нервової системи регулюють всі внутрішні процеси організму: функції внутрішніх органів і систем, залоз, кровоносних і лімфатичних судин, гладкою і частково поперечно смугастої мускулатури, органів чуття. Вони забезпечують гомеостаз організму, тобто відносна динамічна постійність внутрішнього середовища і стійкість його основних фізіологічних функцій (кровообіг, дихання, травлення, терморегуляція, обмін речовин, виділення, розмноження та ін.) Крім того, вегетативна нервова система виконує адаптаційно трофічну функцію – регуляцію обміну речовин стосовно до умов зовнішнього середовища [112].

Для досліджень ми використали розроблений за нашою участю метод [11,24,308] біогальванізації активних точок з використанням комп'ютеризованої системи Вітатест-24, що дозволяє реєструвати зміни активності ділянок вегетативної нервової системи і отримувати систематизовані дані, які підлягають подальшому комплексному

аналізу. Особливістю цього методу і приладу є можливість реєструвати дані активності точок ВНС органів та систем організму, зокрема, легені (P), товстий (GI) та тонкий кишківник (IG), шлунок (E), селезінка і підшлункова залоза (RP), серце (C), нирки (R), сечовий міхур (V), печінка (F) та окремо стан лімфатичної системи (TR).

Використовувані нами симво-

ли відповідають французькій системі позначення активних точок. Існує альтернативна міжнародна система активних точок, проте форма позначення не впливає на

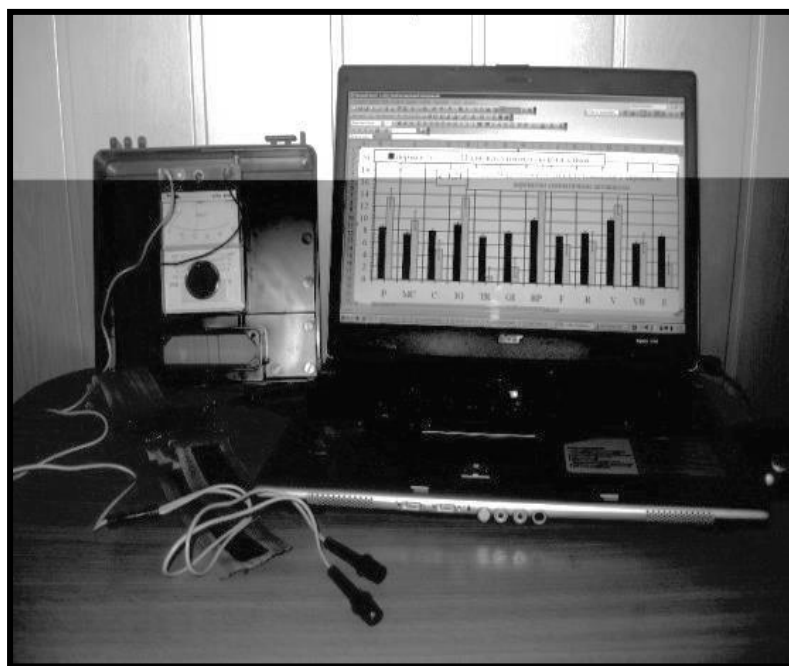


Рисунок 3.1 – Комп'ютеризована система Вітатест-24

суть і зміст активних точок. Далі отримані дані порівнюються з нормою і робиться висновок про ступінь відхилення від неї, і тим самим рівень порушеності функціонального здоров'я [113].

Метод біодіагностики та прилади для його здійснення офіційно дозволені МОЗ України "Нова медична техніка і нові методи діагностики" (проток. №5 від 25.12.91 р.; №1.08-01 від 11.01.94 р.) та Вченою радою МОЗ України (проток. №1.08-01 від 11.01.94 р.).

Особливості приладу ВІТА 01 М:

1. Для функціонування приладу не використовуються зовнішні джерела енергії;
2. Напруга в замкнутому колі не перевищує рівнів мембранних потенціалів (0,03 – 0,6 В);
3. Завдяки компактності та ергономічності приладу його можна використовувати як для стаціонарних, так і для експедиційних досліджень.

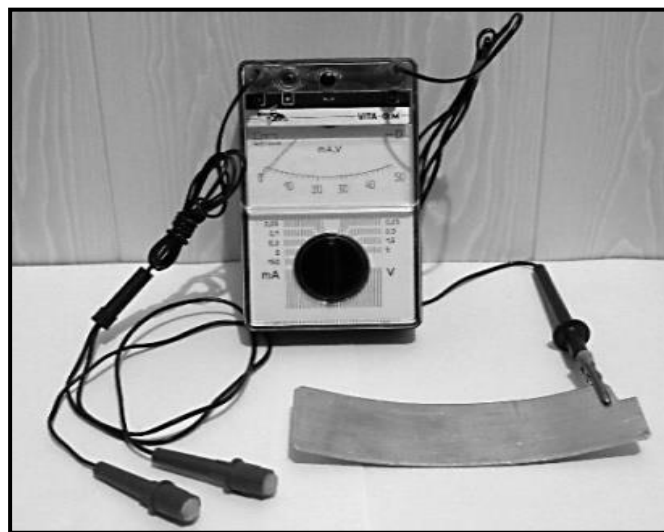


Рисунок 3.2 – Комплекс "ВІТА-01-М"

Безпосередньо проведення експерименту проходить таким чином [114]:

1. Підготувати прилад ВІТА-01-М для біодіагностики функціонально-енергетичної рівноваги організму;
2. Локалізувати репрезентативні біологічно активні зони (БАЗ), що частково представлені в таблиці 3.1;
3. Підготувати діагностичні електроди ДЕ та АЕ. Базовий електрод-акцептор електронів (АЕ) – випукла пластинка з спеціального сплаву, попередньо покрита окисною плівкою (5 x 7см). Діагностичні електроди (ДЕ – донори електронів) у вигляді посрібленої пари, які розташовані в ебонітових чашках діаметром 1 см і обгорнуті поролоновими прокладками;

4. Через вологу прокладку (змочену теплою водою або фізіологічним розчином) АЕ фіксується спеціальним паском в пупковій області (центральна мезогастральна ділянка (0-зона) з натягом середньої щільності для створення стабільних умов обстеження. Останні звожуються за допомогою теплої води. В процесі тестування електроди ДЕ під прямим кутом з незначним тиском (на рівні дотику), одночасно контактують з кожною парою симетричних БАЗ на протязі 1-4 секунд до отримання стабільних показників. Через кожні три контакти з БАЗ, електроди повторно змочуються в заздалегідь приготовленому розчині.

Таблиця 3.1 – Репрезентативні активні зони, що використовуються для проведення вегетативної діагностики [115]

Активні зони	Топографія репрезентативних БАЗ
Н-1 (Р-9) Легені	На поперековій шкірній складці променево-зап'ясткового суглобу, з променевої сторони променевої артерії.
Н-2 (МС-7) Перикард	Посередині поперекової складки променево-зап'ясткового суглобу, між сухожилками м'язів.
Н-3 (С-7) Серце	В западині між горохоподібною та ліктьовою кістками, на поперековій складці променево-зап'ясткового суглобу.
Н-4 (ІG-4) Тонкий кишковик	На внутрішньому (ліктьовому) краю кисті в проміжку між основою V п'ясткової кістки і кістками зап'ястка.
Н-5 (TR-4) Три обігрівачі	На задній поверхні променево-зап'ясткового суглоба в западині між сухожиллям розгиначів пальців і V пальця.
Н-6 (GI-5) Товстий кишковик	На променевому краю зап'ястка, між сухожиллями розгиначів великого пальця.
F-1 (RP-3) Селезінка - ПШЗ	На медіальній стороні ступні, в западині позаду і знизу від головки I плесняка
F-2 (F-3) Печінка	На задній поверхні ступні, в самому вузькому місці між I та II плесняками
F-3 (R-3)	В западині посеред відстані між п'ятковим (Ахілловим) сухо-

Активні зони	Топографія репрезентативних БАЗ
Нирки	жиллям і медіальною малоюмілковою колодочкою.
F-4 (V-65) Сечовий міхур	На латеральному боці ступні, в западині позаду і знизу від головки V плесняка.
F-5 (VB-40) Жовчний міхур	Збоку і знизу Латеральна сторона малоюмілкової колодочки, в западині зовнішнього боку сухожилля довгого розгинача пальців.
F-6 (E-42) Шлунок	На самій високій частині спинки ступні, між суглобами II і III клинчастих кісток та II-III плесняків.

Наведені в таблиці 3.1 дані розкривають лише 12 основних точок важливих для дослідження основних груп органів людини, хоча повний перелік точок містить понад 200 активних зон.

Отже, отримавши масив даних про стан функціонального здоров'я дитячого населення певної території та усереднену інформацію про відхилення вегетативної нервової системи, можна проводити аналіз можливих екологічних загроз території і її ступінь екологічної порушеності.

Таблиця 3.2 – Діагностичні нормативи функціонального стану систем

ФЕС	М, мкА	min, мкА	max, мкА	ФЕС	М, мкА	min, мкА	max, мкА
P	10.1	7.3	12.9	V	9.3	5.9	12.7
GI	7.8	5.3	10.2	R	7.6	5.5	9.7
E	7.7	5.0	10.3	MC	8.6	6.3	10.9
RP	9.5	6.1	13.1	TR	7.4	4.4	10.6
C	9.3	5.4	13.1	VB	6.2	3.7	8.6
IG	9.0	7.0	11.0	F	7.5	4.8	10.2

При цьому для визначення номальних значень вегетативних станів та відхилень від норми використовують дані статистичних спостережень 14304 дітей різних статевих вікових груп. Аналізу підлягають не абсолютні значення показників, а

відносне співвідношення сумарної симпатичної і парасимпатичної активності ВНС. В таблиці 3.2 наведено основні діагностичні нормативи функціонального стану окремих систем [116].

Далі масив експериментальних даних порівнюється з нормативами функціонального стану, після чого розраховується нормативний показник вегетативного гомеостазу по величині k (зона ФК – зона функціональної компенсації). При цьому ідеальними є значення, що відповідають зоні рівноваги, а відхилення в зону парасимпатичної активності чи симпатичної активності, свідчить про відхилення функціонального здоров'я.

Для визначення чисельного значення відхилення використовується коефіцієнт відхилення (k) за виразом (3.1):

$$k = \Sigma X(\text{CA}) / \Sigma X(\text{ПСА}), \quad (3.1)$$

де $\Sigma X(\text{CA})$ – сума діагностичних показників, що мають значення вищі за M , $\Sigma X(\text{ПСА})$ – сума діагностичних показників, що мають значення нижчі за M ; M – діагностичний норматив для конкретної активної зони, мкА; X – вимірне значення активності конкретної активної зони, мкА. Відповідно, при значеннях коефіцієнта відхилення від норми більше одиниці буде спостерігатися симпатична активність і при значеннях менше одиниці парасимпатична активність (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Нормативні показники вегетативного гомеостазу по величині k

Парасимпатична Активність (ПСА)		Вегетативний гомеостаз			Симпатична активність (СА)	
		Зона ФК ПСА	Зона рів- но- ваги	Зона ФК СА		
значна	виражена				виражена	значна
0,75 і <	0,76- 0,86	0,87-0,94	0,95-1,05	1,06-1,13	1,14-1,25	1,26 і >

Примітка: зона ФК – зона функціональної компенсації;

При цьому по індивідуальним показникам відхилення вегетативного гомеостазу судити про екологічну ситуації в регіону не можна. Проте за груповими показниками, які отримані для великої кількості осіб, можна робити висновки про рівень екологічної порушеності територій. Для цього варто використовувати таблицю 3.4. Для визначення враховується сумарний відсоток порушень гомеостазу у досліджуваних дітей конкретно взятої території.

Таблиця 3.4 – Залежність функціонально екологічної порушеності території від стану усереднених відхилень вегетативної нервової системи

Оцінка напруги функціонально-екологічної ситуації регіону	Кількість порушень вегетативного гомеостазу у дітей (в %):		
	В зоні ПА	В зоні ВР	В зоні СА
Зона відносної функціонально-екологічної безпеки	15	70	15
Зона підвищеної функціонально-екологічної уваги	25	50	25
Зона з ознаками розвитку функціонально-екологічної напруги	30	50	20
Зона з ознаками розвитку функціонально-екологічної катастрофи	45	40	15
Зона функціонально-екологічної катастрофи	65	25	10

Примітка: ПА - парасимпатична активність; ВР - вегетативна рівновага; СА - симпатична активність.

Отже, для ефективного використання і аналізу даних функціонального здоров'я населення певної території варто використовувати географічну прив'язку кожного випадку дослідження.

Таблиця 3.5 – Загальна захворюваність дітей (на 10 000 відповідного населення) - всі хвороби

Назва	Відносні показники на 10 000 відповідного населення	
	2016	2017
ВІННИЦЬКА ОБЛ.	19 993,05	18 976,94
Барський	17 100,05	14 982,71
Бершадський	19 181,01	19 364,52
Вінницький	19 369,25	16 942,86
Гайсинський	24 758,91	23 093,35
Жмеринський	15 684,52	17 447,52
Іллінецький	18 375,39	18 431,76
Калинівський	20 680,63	19 548,32
Козятинський	20 505,53	19 373,30
Крижопільський	23 542,87	22 788,73
Липовецький	15 790,47	15 563,78
Літинський	17 667,88	17 303,12
М-Подільський	19 970,27	19 898,39
М-Куриловецький	19 697,79	19 748,84
Немирівський	20 822,57	17 914,51
Оратівський	17 492,71	14 944,77
Погребищенський	17 951,28	17 269,77
Піщанський	21 326,27	16 358,08
Тепликський	23 518,18	22 690,78
Томашпільський	21 022,73	20 837,53
Тростянецький	22 193,43	20 691,65
Тульчинський	24 122,58	21 092,29
Тиврівський	20 733,79	19 233,27
Хмільницький	17 147,66	16 336,98
Чернівецький	18 225,09	17 708,33
Чечельницький	16 241,94	16 630,47
Шаргородський	19 764,52	19 198,71
Ямпільський	19 731,09	18 972,64
м. Вінниця	20 256,59	19 236,90
м. Ладижин	30 686,78	28 407,08

Таблиця 3.6 – Первинна захворюваність дітей (на 10 000 відповідного населення) - всі хвороби

Назва	Абсолютні дані		Відносні показники	
	2016	2017	2016	2017
ВІННИЦЬКА ОБЛ.	349 595	331 894	14 205,92	13 451,22
Барський	9 969	8 949	11 490,32	10 312,28
Бершадський	10 764	11 537	12 193,02	13 162,58
Вінницький	18 699	16 612	13 541,17	11 835,28
Гайсинський	12 508	11 405	14 855,11	13 527,46
Жмеринський	12 236	14 708	10 036,91	12 059,69
Іллінецький	7 640	7 243	12 601,02	11 881,56
Калинівський	15 470	14 324	15 809,91	14 571,72
Козятинський	11 489	13 662	10 775,65	12 836,61
Крижопільський	8 447	8 021	16 803,26	16 138,83
Липовецький	6 925	6 757	11 912,95	11 631,95
Літинський	7 393	6 615	12 828,39	11 399,28
М-Подільський	13 271	13 203	14 091,10	13 974,39
М-Куриловецький	5 139	5 217	13 991,29	14 242,42
Немирівський	9 159	7 067	13 148,15	10 171,27
Оратівський	3 639	3 110	11 788,14	10 103,96
Погребищенський	4 440	4 443	10 301,62	10 306,19
Піщанський	4 982	3 699	15 998,72	11 890,07
Тепликський	5 514	5 487	14 423,23	14 489,04
Томашпільський	7 615	7 483	14 666,80	14 507,56
Тростянецький	7 895	7 423	16 108,96	15 371,71
Тульчинський	12 487	10 255	15 398,94	12 585,91
Тиврівський	9 452	8 536	13 441,41	12 075,26
Хмільницький	12 682	12 009	12 914,46	12 398,31
Чернівецький	3 612	3 131	12 281,54	10 693,31
Чечельницький	3 515	3 809	10 792,14	11 818,18
Шаргородський	13 134	12 275	13 505,40	12 790,46
Ямпільський	7 641	7 336	13 698,46	13 292,26
м. Вінниця	94 850	89 080	16 749,66	15 498,64
м. Ладижин	8 929	8 358	25 658,05	23 859,55

Відтак, відповідно статистичним даним лідером із дитячої захворюваності є м. Ладижин, очевидно, через наявність теплової електростанції, яка є найбільшим забруднювачем атмосферного повітря в області.

За даними загальної захворюваності дітей значення значно більше середнього мають м. Ладижин, Теплицький район, Гайсинський і Крижопільський райони. З потужним промисловим забрудненням можна пов'язувати захворюваність у м. Ладижин та Гайсинському районі, проте для Теплицького та Крижопільського причиною може бути наявність великих кількостей некондиційних пестицидів (дані табл. 1.5, розд. 1), оскільки в цих районах мінімальна присутність інших факторів техногенного забруднення.

У Вінниці з 2001 року функціонує геоінформаційна система (ГІС) [117] органів місцевого самоврядування міста Вінниці на базі ПЗ ГІС "Карта 2000" [118,119]. В даний час у складі МГІС Вінниці розгорнуто ГІС Сервер 2011. Основний продукт – ГВС "Карта 2011", що базується на ГІС пакеті «Панорама», дозволяє візуалізувати отримані дані для подальшого аналізу. Вищезазначені карти можна використовувати для нанесення даних визначення функціонального здоров'я і побудови карт комплексного забруднення довкілля.

Даний метод картографування можна використовувати для глибокого аналізу різних параметрів довкілля, які можуть включати також стан лісових насаджень, стан мисливської теріофауни та ін.

Наведений метод є унікальним і дозволяє провести екологічний аналіз території за допомогою цільової групи організмів – людини. Він неінвазивний і мало затратний, що дозволяє проводити обстеження різних віково-статевих груп і отримувати дані з мінімальною статистичною похибкою.

Наведений метод не враховує такі суб'єктивні для різних людей показники, як ГДК, ГДД, а тому оцінює вплив довкілля на кожного піддослідного об'єктивно до його можливостей протистояти антропогенним впливам. Наведений метод є вкрай перспективним у біоіндикації територій забруднених радіонуклідами, хімічними засобами захисту рослин, територій з забрудненими об'єктами гідросфери і

атмосфери. Він дозволяє оцінювати сумарні впливи всіх негативних факторів довкілля на здоров'я людини.

Отже, на підставі отриманих експериментальних результатів, можна констатувати встановлений нами факт – чим більше забруднена територія проживання (у нашому випадку – токсикохімічними факторами впливу), тим більша кількість людей та інших живих екосистем (на прикладі дитячого населення України і, зокрема, Вінницької області) мають значно вищий рівень функціональної захворюваності або відхилення від норми.

3.2 Аналіз впливу непридатних пестицидів та інших техногенних загроз на теріофауну України

Мисливська теріофауна України протягом усього історичного часу була і є сьогодні об'єктом постійного та майже регулярного користування. Вона протягом останніх 50-60 років виявляє стійку тенденцію до виснаження. На сьогоднішній день більшість її популяцій знаходяться в катастрофічному стані. Незважаючи на законодавчу заборону та обмеження щодо вилучення мисливських ссавців, охорони місць їхнього перебування, спостерігається катастрофічний вплив антропогенних факторів на їх біотопи. За сучасних екологічних та соціально-економічних умов необхідно передбачати дію загроз поголів'ю мисливських тварин. До загроз прямих з негайним наслідком відносяться лісові пожежі (часом їх площа досягає кількох тис. га), великі повені, погодні аномалії тощо. При цьому опосередковані загрози стосуються трансформації традиційних місць існування тварин; фрагментації або і знищення біотопів; забруднення середовища виробничими і побутовими відходами, пестицидами; інтенсифікації лісокористування (в тому числі і рекреаційного). Наслідки опосередкованих загроз виявляються не одразу, а через якийсь час, по мірі зміни структури лісів, збіднення кормової бази, посилення чинників турбування тварин. Зменшення чисельності мисливських тварин відбувається, найчастіше, внаслідок порушення середовища їх існування та структури популяцій (омолодженість, порушення вікової і статеві структури, ускладнення відносно обміну генетичною інформацією внаслідок фрагментації біотопів та

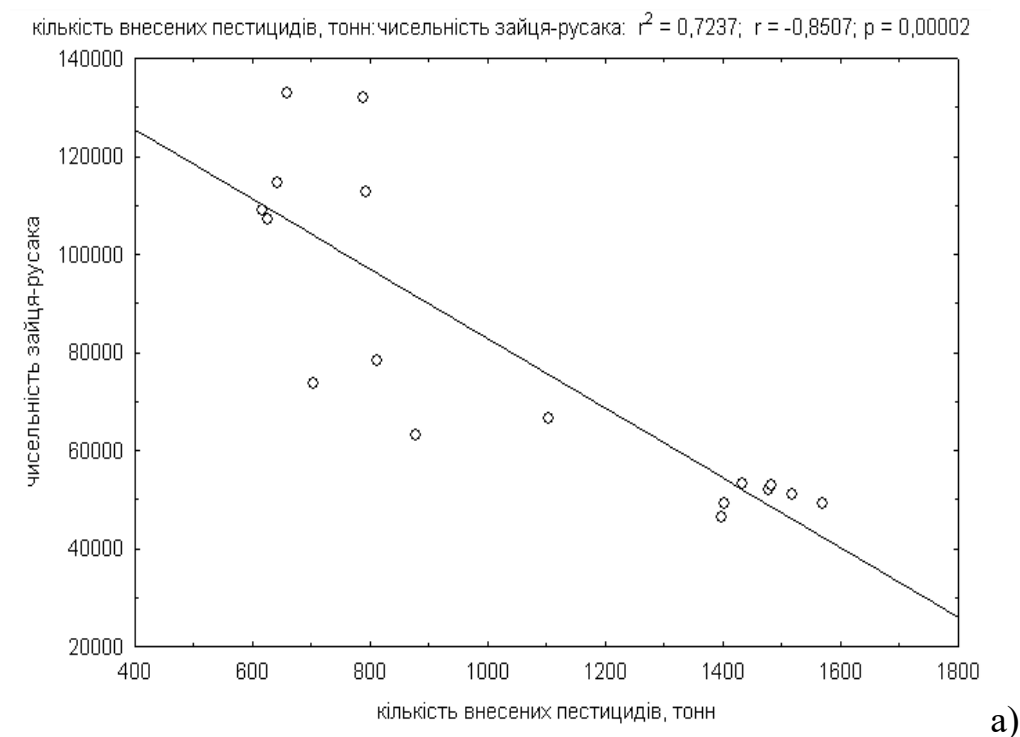
зменшення щільності поголів'я) [120]. Результатом техногенно-екологічних загроз є висока смертність мисливських ссавців від отруєння мінеральними добривами, пестицидами, забрудненою водою та від зменшення кормової бази; неспроможність відновлювати чисельність своїх популяцій; зникнення на окремих територіях, де ссавці мають вагомий вплив на екосистеми в цілому. При цьому наприкінці 80-х років ХХ ст. в Україні мисливська теріофауна набула особливого розвитку і сягнула надто високої чисельності. Але після набуття Україною незалежності в процесі реформування аграрної та мисливської галузей, законодавчої бази щодо захисту та відновлення фауни було допущено багато помилок, які призвели до скорочення чисельності, зокрема, диких ссавців.

До техногенно-екологічних чинників, що негативно впливають на весь теріологічний комплекс диких ссавців України, варто віднести не завжди обґрунтоване ведення лісового господарства, землеробства, використання пестицидів і осушування боліт, браконьєрство, а також прокладання автошляхів і будівництво об'єктів житлового та господарського призначення. Усе це спричиняє зростання смертності молодняка від різних причин, утримання чисельності тварин на низькому рівні, унеможливлення мешкання багатьох видів взагалі [1,120].

Крім того, погіршують умови існування наземних тварин і транспортна система [121, 122], головними екологічними ефектами якої є: втрата і трансформація біотопів, турбування через прямий доступ людини до оселищ тварин, отруєння внаслідок хімічного забруднення викидами двигунів та паливно-мастильними матеріалами, смертність через рух транспорту, фрагментація біотопів та порушення міграційних шляхів, екологічна та генетична диференціація популяцій внаслідок просторової ізоляції транспортною інфраструктурою, зміна біотичних особливостей популяцій, виникнення крайових ефектів та багато інших техногенних чинників.

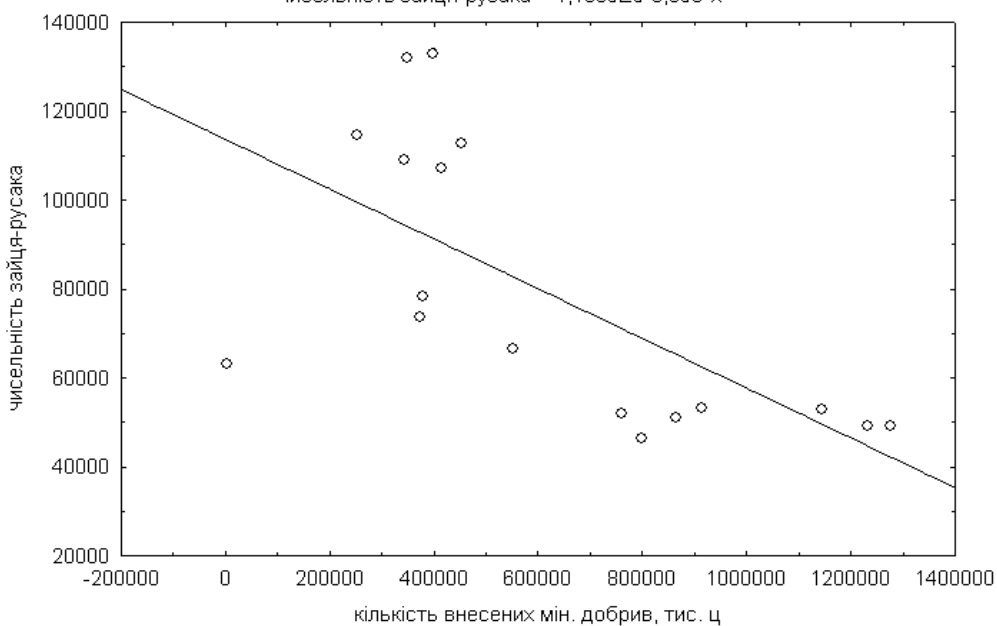
Значна частина мисливської теріофауни зменшується через забруднення води в річках, ставках та озерах тощо. Основним забруднювачем водних джерел є, зокрема, промисловість та виробництво, які з їх застарілими технологіями суттєво

забруднюють навколишнє середовище. Досить небезпечними для тварин дедалі стають атмосферні забруднення, що викликають ще й мутагенні явища.



а)

кількість внесених мін. добрив, тис. ц:чисельність зайця-русака: $r^2 = 0,4313$; $r = -0,6567$; $p = 0,0042$
 чисельність зайця-русака = $1,1365E5 - 0,056 * x$



б)

Рисунок 3.3 – Динаміка чисельності зайця-русака залежно від: а – рівня пестицидного навантаження; б – кількості внесених мінеральних добрив під урожай

Сільськогосподарське виробництво не меншою мірою, як і браконьєрство, негативно впливає на мисливську теріофауну та її біотопи існування. Відчутне скорочення багатьох популяцій пояснюється трансформацією природних ландшафтів в агроценози, яка відбулася на всьому просторі України [124]. Значну частку мисливських угідь становить рілля, яка за сучасною технологією сільськогосподарського виробництва щорічно потребує використання різних видів добрив та пестицидів для інтенсивного вирощування ячменю, соняшника, озимої пшениці, кукурудзи та інших. Кореляційний аналіз обсягів внесених пестицидів та чисельності зайця-русака показав взаємозв'язки між ними (рис.3.3., а). Отримане значення коефіцієнта кореляції ($r = -0,851$) свідчить про те, що при умові збільшення внесення обсягів пестицидів відповідно зменшується чисельність зайця-русака. Отримане значення коефіцієнту кореляції між чисельністю зайця-русака та кількістю внесених мінеральних добрив становить $r = -0,657$, що свідчить про значну обернену кореляцію (рис.3.3, б). При отриманні залежностей використані дані чисельності особин тварин та внесення ХЗЗР по Вінницькій області.

Крім того, значна частина молодого потомства дрібних мисливських ссавців гине на полях за механізованого обробітку ґрунту та збирання врожаю. Основними причинами загибелі тварин під час механізованого обробітку ґрунту та збирання врожаю є існуючі способи виконання робіт. В останні роки на території України збільшилися площі просапних культур, що потребують інтенсивного механізованого обробітку ґрунту в період розмноження тварин. Вирощування на великих площах буряку та соняшнику є особливо небезпечним чинником для мисливської теріофауни. Завдяки багаторазовій культивуванню та інтенсивного хімічного обробітку на плантаціях цих культур спостерігається критично низька чисельність ссавців. В цій ситуації яскравим прикладом є популяція зайця-русака [123,124].

Нами було встановлено, що при умові збільшення площі посівів соняшника значно зменшується чисельність зайця-русака, коефіцієнт кореляції становить $r = -0,738$. Така сама залежність чисельності зайця-русака і від збільшення площ посівів зернових та зернобобових. Завдяки кореляційному аналізу було виявлену

досить значну залежність чисельності дикої свині від площ посівів зернових та зернобобових культур ($r = 0,543$), коли при збільшенні посівів зернових та зернобобових збільшується чисельність дикої свині, оскільки, зокрема, овес, пшениця, горох та кукурудза становлять значну частку харчування дикої свині в весняно-літній період.

Також великої шкоди популяціям дрібних мисливських тварин завдають пожежі. Якщо раніше землероби, незважаючи на законодавчі заборони, підпалювали тільки стерню для знищення насіння бур'янів і впалого зерна, то зараз дуже популярним і практично безкарним стало випалювання сухої трави в лісонасадженнях.

Отже, з вище приведеного аналізу можна констатувати, що сучасні техногенні виклики є беззаперечною і масштабною загрозою для існування екосистем теріофауни України і мисливської теріофауни, зокрема. Доведено, що транспортна інфраструктура є найбільш потужним лімітуючим фактором популяцій мисливської теріофауни, що порушують стабільність фауністичної екосистеми в цілому. Крім того, на підставі експериментальних досліджень та статистичних даних встановлено різке зменшення чисельності мисливської теріофауни від збільшення об'ємів внесених мінеральних добрив та пестицидних препаратів, як наслідок різкої інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, що становить для них екологічну небезпеку.

3.3 Обґрунтування фітотоксичного ефекту непридатних пестицидних препаратів за допомогою біоіндикації

Для біологічної індикації якості вод, зокрема забруднених небезпечними хімічними речовинами, можна використовувати майже всі групи організмів, які населяють водойми: планктонні і бентосні безхребетні, найпростіші, водорості, макрофіти, бактерії тощо (рис. 3.4).

У дослідженнях часто використовують спеціальні лабораторні культури тест-організмів, а під час експерименту по біотестуванню зразка компонента середовища контролюють основні фізико-хімічні параметри довкілля (температура, освітлення, концентрація кисню тощо). Це дозволяє отримувати більш точні та

відтворювані результати. Для оцінки якості вод з початку 1930-х рр. використовують дафнію (*Daphniamagna*). На сьогодні виконано чимало робіт із визначення дії на дафнію більшості ксенобіотиків у водних об'єктах. У законодавчому порядку цей веслоногий рачок включений до числа тест-об'єктів для оцінки якості води в багатьох країнах світу [124].

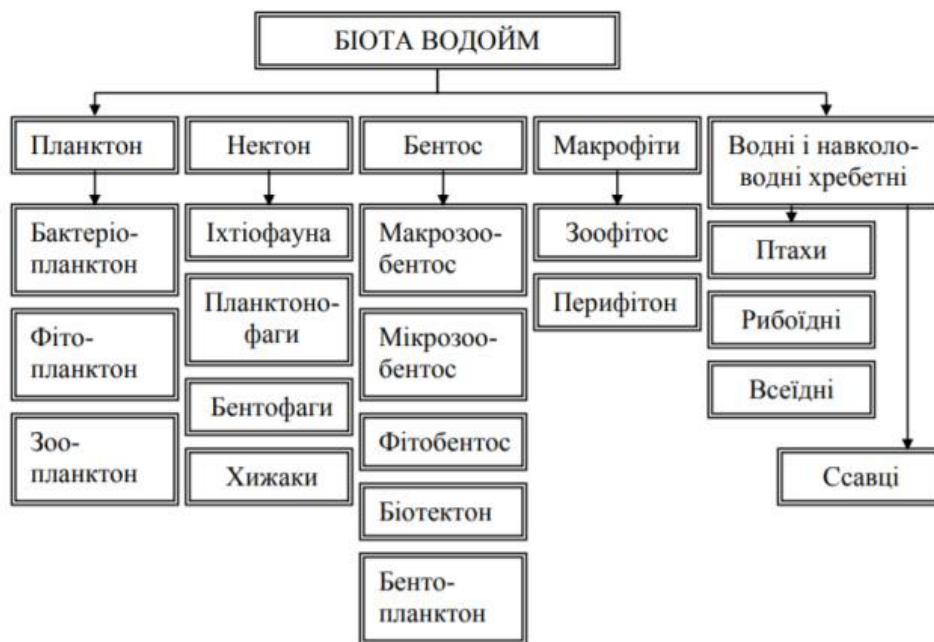


Рисунок 3.4 – Ієрархічна структура біоти водойм [125]

Наприклад, після розміщення генетично однорідних представників цибулі звичайної у розчині досліджуваної речовини (рис. 3.5), її токсичність можна оцінити за величиною приросту коренів рослин.

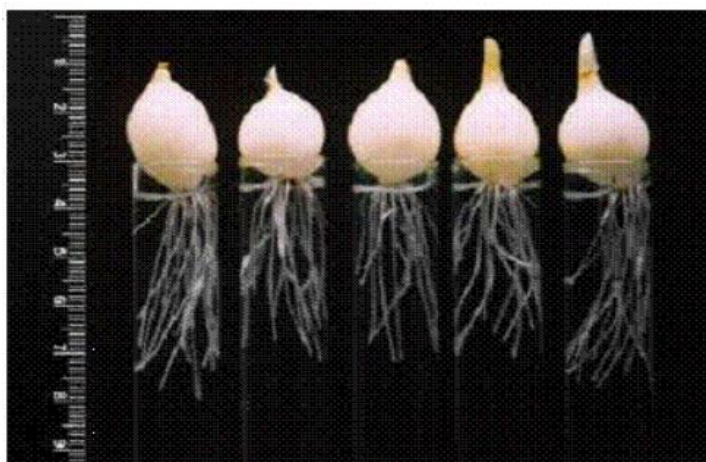


Рисунок 3.5 – Біотестування за допомогою цибулин [126]

Теж саме можна спостерігати і для параметрів виживання/смертності та життєздатності новонароджених гіллястовусих ракоподібних дафній (рис. 3.6), які є чутливими до токсичних речовин у водному середовищі, дозволяє визначати небезпеку питної води для людини.



а)

б)

Рисунок 3.6 – Зображення прикладу біоіндикації (б) за допомогою гіллястовусих ракоподібних дафній (а)

При цьому чутливим біоіндикатором є водорості Носток сливоподібна. Наявність цього виду свідчить про чисту воду. Перша ознака забруднення – подрібнення і порушення правильної округлої форми смарагдових "куль" цієї водорості.

Бурхливий розвиток інших синьо-зелених водоростей, наприклад, Осцилляторія – інформативний індикатор небезпечного забруднення води органічними сполуками. Кращий індикатор небезпечних забруднень – прибережне обростання, що розташовуються на краях водойми. У чистих водоймах ці обростання яскраво-зеленого кольору або мають бурий відтінок. При надлишку у воді органічних речовин і підвищення загальної мінералізації обростання набувають синьо-зеленого кольору, тому що складаються в основному з синьо-зелених водоростей.

Задовільні результати дає аналіз бентосних (придонних) безхребетних. Оцінка чистоти водойм здійснюється за переважанням, або відсутності тих чи інших таксонів. Фітопланктон – найбільш поширена і добре вивчена з усіх екологічних груп мікробіот. Його склад має велику видову насиченість.

Аналіз видового складу, достатку і кількісного розвитку видів фітопланктону входять у всі програми екологічного моніторингу водойм. Вивчення фітопланктону водойм проводиться шляхом збору проб за відомими методиками. Для визначення видового складу фітопланктону з проби на предметне скло наноситься крапля матеріалу, закривається покривним склом і аналізується під мікроскопом.

Поступові ж зміни видового складу формуються в результаті тривалого отруєння водойми (рис. 3.7).



Рисунок 3.7 – Джерела забруднення водойм та основні групи токсикантів

Для річок і струмків найбільш точні результати дає вивчення донних організмів (бентоса) і мешканців укорінених на дні водних рослин (перифітона), які, не переміщаючись разом з потоком, краще відображають загальну якість води, що протікає над ними. У стоячих водоймах разом з бентосом [127, 128] перспективне використання організмів – мешканців товщі води (планктону) [129, 130].

Підсумовуючи всю важливість методів біоіндикації для досліджень, необхідно відзначити, що біоіндикація передбачає виявлення забруднення навколишнього середовища, яке вже відбулося або відбувається, по функціональних характеристиках особин [131,132] і екологічних характеристиках співтовариств організмів [133, 134]. При цьому одним з найбільш зручних об'єктів біоіндикації є макрзообентос – макроскопічні (завдовжки більше 2 мм) безхребетні тварини, що мешкають на дні водойм і в заростях водних рослин. Це, головним чином, водні личинки та імаго комах, молюски, п'явки, малощетинкові черв'яки і вищі ракоподібні.

Відтак, біоіндикація дає змогу оцінювати:

- 1) комплексний, інтегральний вплив забруднювальних речовин на видовий склад і кількість гідробіонтів, характеризуючи якість вод як середовище їхнього існування;
- 2) зміни якості води впродовж короткого часового періоду;
- 3) якість води з огляду на її придатність для господарської діяльності та потреб людини.

Біотестування, як метод оцінки стану водного середовища, використовують:

- 1) під час визначення фітотоксичності води;
- 2) для встановлення ефектів післядії ксенобіотиків у водному середовищі;
- 3) під час токсикологічної оцінки стічних вод (промислових, побутових, сільськогосподарських, дренажних), забруднених природних вод з метою виявлення потенційних джерел забруднення;
- 4) під час екологічної експертизи нових матеріалів та речовин.

Упродовж останніх десятиріч біотестування у багатьох країнах стало загальноновизнаним і обов'язковим елементом системи контролю забруднення водного середовища токсичними речовинами [135].

Вибір видів-біоіндикаторів серед гідробіонтів, які населяють водойму, передбачає володіння ними наступними ознаками: висока екологічна точність реак-

ції біоіндикатора на зміну фактору середовища, який індикується; відносно висока чисельність виду-індикатора; широке розповсюдження у екосистемі; простота у визначенні таксономічної приналежності; наявність інформації про екологію виду.

Справжніми рекордсменами, що очищують навколишнє середовище від ксенобіотиків, є мікроорганізми: бактерії, гриби, мікроскопічні водорості, що живуть у ґрунті, прісноводних водоймах і морській воді. Наприклад, гриби-мікроміцети *Aspergillum* містять до 0,3 % міді – у 30 000 разів більше, ніж у навколишньому середовищі. Багато мікроорганізмів у великих кількостях накопичують уран: прісноводна мікроводорість хлорела – до 0,4 % сухої маси, актиноміцети – до 4,5 %, денітрифікуючі бактерії – 14 %, а спеціально відібрані культури дріжджів або псевдомонад – до 50 % [136].

Визначення токсичності техногенно забруднених субстратів і чутливості класичних лабораторних тест-об'єктів нами здійснювалося з використанням методики О. А. Берестецького [137]. Метод ґрунтується на пророщуванні насіння модельних видів рослин на різних субстратах. Існує багато рекомендацій щодо використання того або іншого виду рослин для біоіндикації стану навколишнього середовища. При цьому для визначення сумарної токсичності води було обрано насіння редису посівного, що пов'язано з його високою чутливістю [138] до токсичних речовин, а саме пестицидів [139, 140, 28, 23]. При цьому пестициди – це речовини або суміші речовин, призначені для знищення шкідників та захисту від них. Пестициди, які швидко розкладаються, називають нестійкими, тоді як ті, які протистоять деструкції, – стійкими. Найпоширеніший тип деструкції, здійснюваний грибами і бактеріями, які використовують пестициди як поживні речовини. Бактерії, що є деструкторами пестицидів: *Providenciastuartii*, *Bacillus*, *Staphylococcus* і *Stenotrophomonas*. Найбільш досліджені гриби: *Aspergillus* s. e. *A. ustus*, *A. nidulans* var. *nidulans*, *A. versicolor*, *Penicillium chrysogenum*, *Cladosporium cladosporioides*, *Alternaria alternata*, *Mucor racemosus*, *Phoma glomerata* і *Trichoderma longibrachiatum*, є деструкторами пестицидів за допомогою фермент-

них систем: внутрішньоклітинної (цитохроми P450) і позаклітинної (лігнін-руйнівна система в основному складається з пероксидази і лактази) [141, 142].

Отже, біоіндикація – оперативний моніторинг навколишнього середовища на основі спостережень за станом і поведінкою біологічних об'єктів (рослин, тварин та ін.). Цей метод дедалі поширюється, оскільки рослини - індикатори мають такі переваги:

- дають можливість підсумовувати біологічно важливі дані щодо навколишнього середовища;
- здатні реагувати на короточасні й залпові викиди токсикантів;
- реагують на швидкість змін, що відбуваються в довкіллі;
- вказують на місця накопичення забруднювачів та шляхи їх міграції;
- дають змогу розробляти оцінки шкідливого впливу токсикантів на людину й живу природу на ранніх стадіях [143] та нормувати допустиме навантаження на екосистеми [144. 145].

Ряд рослин-індикаторів реагує на підвищені або знижені концентрації мікро-і макроелементів у ґрунті. Це явище використовується для попередньої оцінки ґрунтів, визначення можливих місць пошуку корисних копалин. Один зі специфічних методів моніторингу забруднення навколишнього середовища – біоіндикація, визначення ступеня забруднення водних середовищ за допомогою живих організмів, біоіндикаторів.

В якості полютантів нами використано три види засобів для боротьби з шкідниками, які виробляють, в тому числі, в Україні: гербіцид Раундап (Монсанто), фунгіцид Ридоміл (Сингента), інсектицид Децис (CropScience). Головним критерієм вибору вказаних засобів є: широке використання населенням для обробки власних сільськогосподарських угідь і доступність вартості для пересічного українця, тобто чимале значення відіграла як цінова політика, так і ефективність застосування відповідних препаратів.

Оперативну інформацію про фітотоксичність забрудненої води можна отримати, використовуючи тест-об'єкти (насіння і проростки рослин) і різноманітні

тест-показники (динаміка проростання насіння, відсоток схожості, довжина головного і бічних коренів, висота пагона тощо). Проведення експериментів з впливу різних техногенних субстратів на рослинні об'єкти в контрольованих умовах дозволяє вирішувати багато завдань: встановити причини різної стійкості рослин і тенденції пристосування до токсикантів, виявити вплив конкретного фактора середовища, виключити дію інших чинників, з'ясувати летальну дозу поліюванта тощо.

Дослід проводився таким чином: до проби води додається відповідний розчин отрутохімікату, розбавлений у співвідношенні 1:10, оскільки стічні води розбавляються з природного середовища у вказаному співвідношенні, тобто використовуються умови максимально наближені до природного стану. Насіння редису посівного розміщують в чашки Петрі, вирівнюючи поверхню за допомогою марлевого диску (рис. 3.8), після чого зволожують однаковим (10 мл) об'ємом досліджуваних розчинів та контрольний зразок (без додавання отрутохімікату). Чашки закривали і витримували декілька діб за кімнатної температури для проникнення токсичних речовин та для проростання зерен редису. Вологість субстратів із насінням та отрутим компонентом була в межах 70 – 80%. Контролем слугувало насіння без додавання засобу для боротьби з шкідниками, зволожений до 70–80% від повної вологоємності. Насіння пророщували при 23–25°C протягом 5 діб. Для достовірніших даних використовували по три зразки для кожного досліджуваного об'єкту. Нами було обрано насіння редису посівного, оскільки воно добре реагує на коливання вмісту поліюванта та чутливе до дій отрутохімікатів.



Рисунок 3.8 – Зразки пророщування насіння

На основі визначення морфометричних параметрів тест-об'єктів встановлено, що відбувалось пригнічення ростових процесів (рис. 3.10) досліджуваних проростків у зразках з додаванням полютантів.

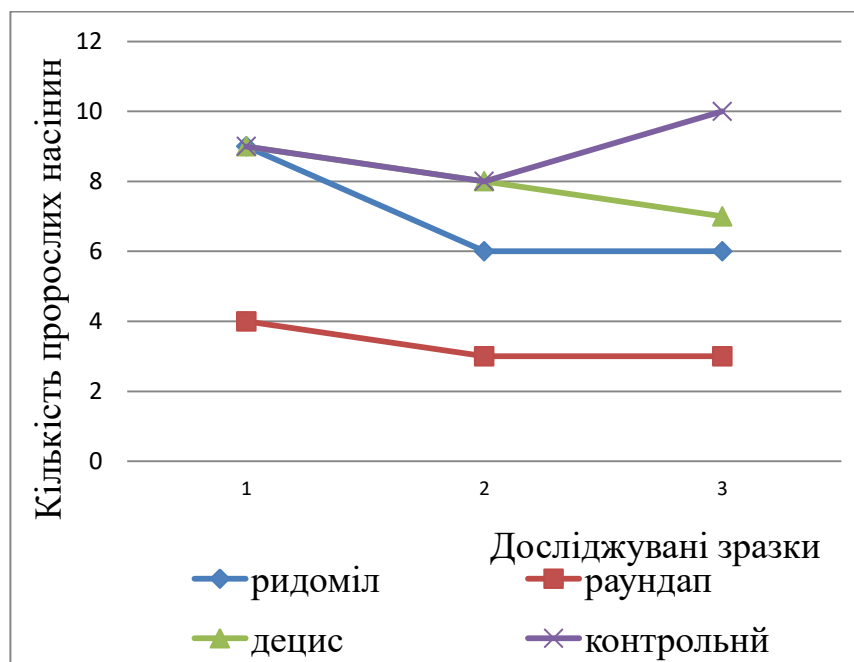


Рисунок 3.9 – Інтенсивність проростання зерен у досліджуваних зразках

Також проростання зерен скоротилося при додаванні отрутохімікату (рис. 3.10).

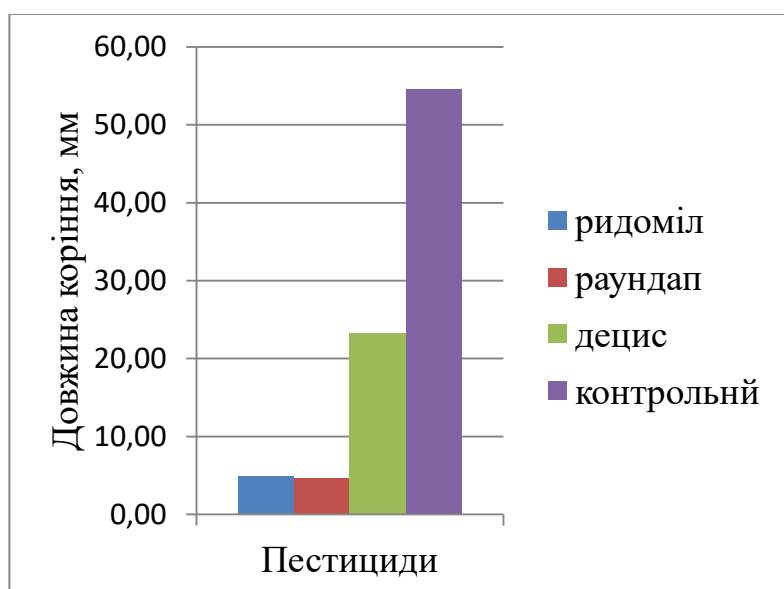


Рисунок 3.10 – Довжина (мм) коренів редису в досліджуваних зразках

У досліджуваних зразках (рис. 3.11) відбулись такі морфометричні зміни: у контрольному зразку (рис. 3.12) спостерігалось практично повне проростання зерен, з міцним корінням та стеблом, середня довжина коріння дорівнює 54,6 мм.

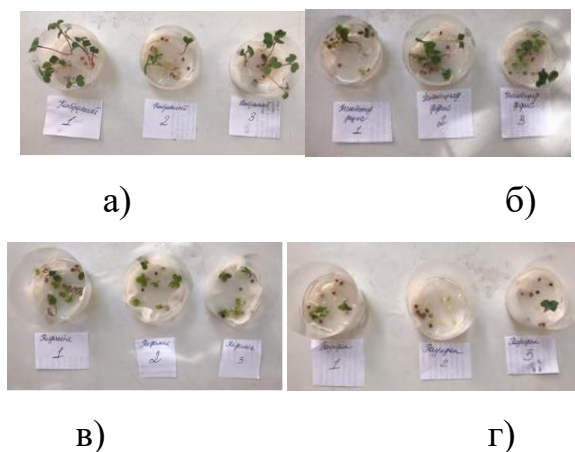


Рисунок 3.11 – Проростання зерен в досліджуваних зразках: контрольний (а), з додаванням Децису (б), з додаванням Ридомілу (в), з додаванням Рандап (г)

При додаванні пестициду відбувалось зменшення довжини коріння (рис. 3.12– рис.3.15). та самого стебла редису посівного (без вимірювання).



Рисунок 3.12– Динаміка проростання у контрольному зразку



Рисунок 3.13 – Динаміка проростання з додаванням Ридомілу



Рисунок 3.14 – Динаміка проростання з додаванням Раундапу



Рисунок 3.15 – Динаміка проростання з додаванням Децису

При цьому найгірша динаміка проростання зерен – при додаванні фунгіциду Ридоміл та гербіциду Раундап, середня довжина коріння становила 4,8 мм, а проростання зерен скоротилась на 40 % порівняно із контрольним зразком.

Відомо, що насіння редису добре адсорбує розчини отрутохімікатів, що, у свою чергу, призводить до змін метаболічних реакцій, внаслідок чого насіння може взагалі не проростати. З наших досліджень випливає, що при потраплянні засобів для боротьби з різними шкідниками на насіння редису посівного, менше половини зерен взагалі не проросло.

Пригніченням ростових процесів коренів інших тест-об'єктів – редису посівного визначають рівень токсичності досліджуваних техногенних субстратів як середній та вищий від середнього (рис. 3.16).

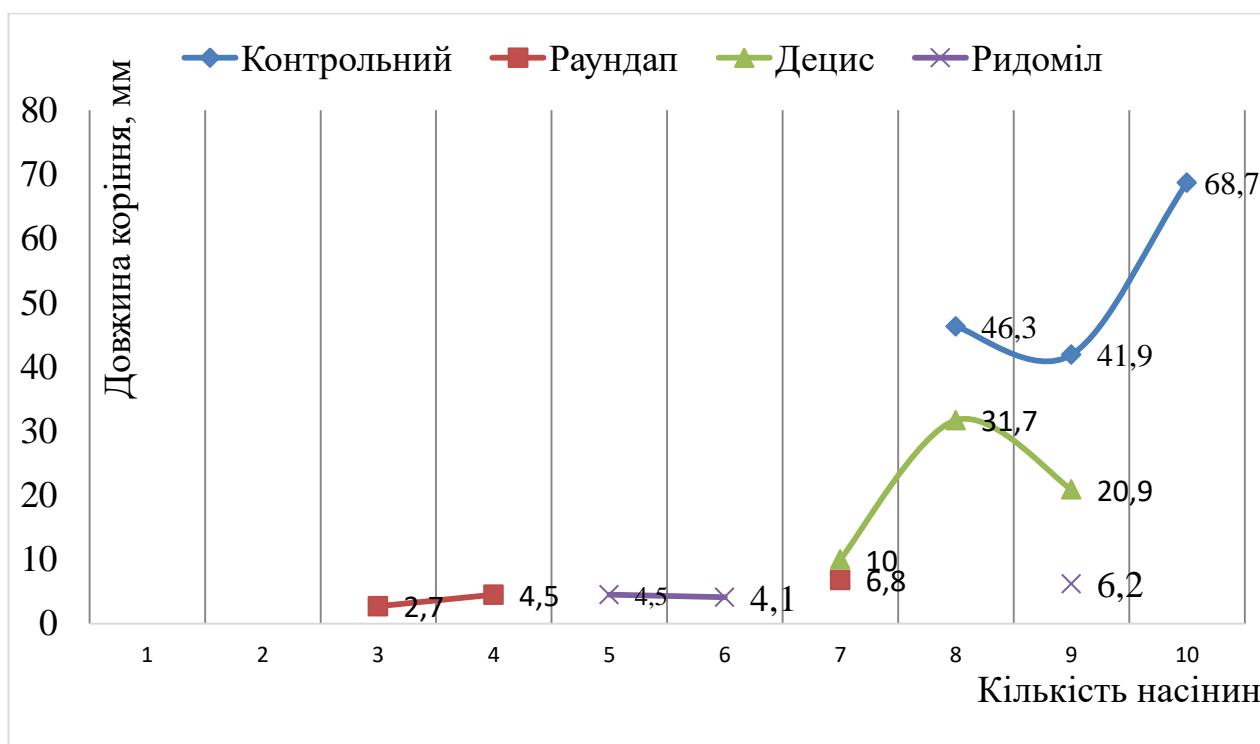


Рисунок 3.16 – Залежність росту зерен від внесеного отрутохіміката

На основі проведених вимірювань був обчислений фітотоксичний ефект для кожного зразка (табл. 3.7) досліджуваного об'єкту. Фітотоксичний ефект (ФЕ, %) визначали у відсотках до довжини кореневої системи за формулою 3.2:

$$\Phi E = \frac{L_0 - L_x}{L_0} \cdot 100\%, \quad (3.2)$$

де L_0 – середня довжина кореня рослини, вирощеної на контрольному середовищі; L_x – середня довжина кореня рослини, вирощеної під впливом токсичного фактора. Отримані дані опрацьовані та усереднені наведено на рис. 3.17 та табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Фітотоксичний ефект для кожного зразка

Засіб для боротьби з шкідниками	Фітотоксичний ефект, %
Ридоміл	91
Раундап	91,45
Децис	57,5

Оцінку токсичності субстратів проводили за п'ятибальною шкалою (табл. 3.8), яка дозволяє визначити фітотоксичність тест-об'єктів.

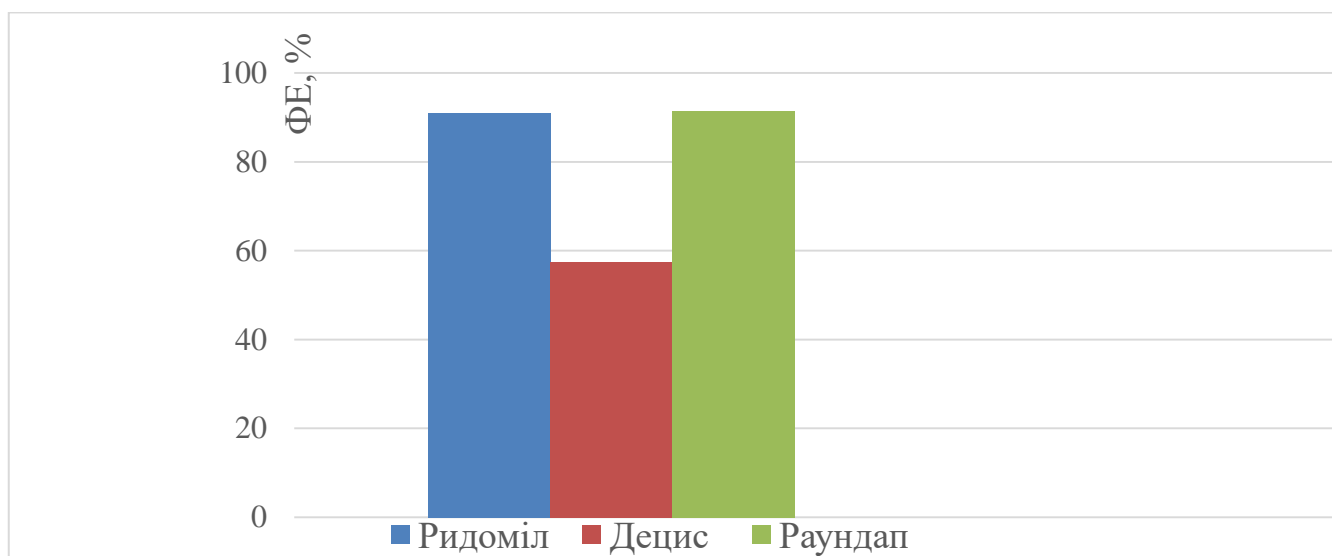


Рисунок 3.17 – ΦE (%) кожного отрутохіміката

Таблиця 3.8 – Шкала рівнів токсичності (Джура та ін., 2006)

Рівні пригнічення ростових процесів (фітотоксичний ефект), %	Рівень токсичності
0–20	Відсутність або слабкий рівень
20,1–40	Середній рівень
40,1–60	Вище середнього рівня
60,1–80	Високий рівень
80,1–100	Максимальний рівень

Основними вимогами, якими ми керувались при виборі даного методу аналізу, є: експресність, доступність і простота експерименту.

Таким чином, згідно шкали рівнів токсичності (табл. 3.8), можна зробити висновок, що фітотоксичний ефект Ридомілу та Раундапу має максимальний рівень, а Децису – вище середнього. Отже, здійснивши дані дослідження, можна константувати, що між пригніченням морфометричних показників досліджуваних рослин (редис посівний) і внесеним отрутохімікатом встановлену пряму залежність. При цьому чим більший фітотоксичний ефект досліджуваного зразка, тим менша довжина пророслого коріння та вищий рівень пригніченості розвитку рослини.

3.4 Дослідження впливу пестицидів на забруднення водних середовищ з допомогою мультиспектральних методів та біотестування

Одним із важливих складових моніторингу та контролю якості вод є комплексна оцінка екологічного стану поверхневих водних об'єктів, що підлягають антропогенному забрудненню. Найбільш розповсюдженими методами, які застосовуються для зазначених цілей, є розрахунок коефіцієнта забрудненості води та екологічного індексу якості води, недостатня ефективність яких пов'язана з використанням обмеженого переліку (в основному гідрохімічних) показників, що не

дозволяє отримати ґрунтовну комплексну оцінку стану абіотичної та біотичної складових водної екосистеми. Оцінити стан екосистеми лише за фізико-хімічними показниками неможливо, оскільки не враховується її основна характеристика – стан гідробіоти. Крім того, аналітичний контроль ускладнюється синергетичною дією більшості сполук, а реакція гідробіоти залежить не лише від окремих фізико-хімічних факторів, але й від їх взаємодії [27]. У цьому контексті можливо використати розроблені мультиспектральні методи і засоби контролю, що дозволять визначити необхідні характеристики популяцій для фітопланктону і вищих водних рослин у природних водних об'єктах та модельних екосистемах [146].

Здійснений аналіз методів комплексної оцінки техногенного забруднення природних водних об'єктів підтвердив, що контроль інтегральних показників забруднення вод, у відповідності до міжнародних зобов'язань України та необхідності гармонізації стратегії у галузі водної політики в Україні з Європейським законодавством повинен базуватись на водній екологічності. При цьому комплексну інтегральну оцінку стану водної екосистеми, з урахуванням різних проявів взаємодії забруднювальних хімічних речовин, можна отримати за допомогою методу біотестування. Система оцінки детермінованого екологічного ризику небезпечних речовин використовує значення токсичності і концентрації небезпечних речовин у водних середовищах, а показником детермінованого ризику є співвідношення TER (Toxicity exposure ratio):

$$TER_{i,j} = \frac{LC_{50j}(NOEC_j)}{C_i}, \quad (3.3)$$

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.

Для подальших досліджень у якості тест-об'єктів обрано мікрководорості. При цьому вдосконалено метод та розроблено засіб мультиспектрального вимірювання параметрів забруднення водних середовищ, який на відміну від відомих, вико-

ристовує опосередковане вимірювання параметрів забруднення водних середовищ за допомогою регресійних рівнянь, що пов'язують ці параметри з результатами вимірювань яскравості у кожному пікселі зображень, отриманих на певних довжинах хвиль при використанні у засобі вимірювального контролю ПЗЗ-камер, фільтрів та джерел випромінювання з відомими спектральними характеристиками. Для опосередкованого вимірювання параметра забруднення водного середовища на основі мультиспектральних вимірювань у n спектральних каналах використані поліноми 5-того порядку. На рис. 3.19. представлено структурну схему засобу, що реалізує запропонований метод. Засіб містить кільцевий дифузний освітлювач¹, що слугує для освітлення зразка водного середовища, який позначено позицією 6. ПЗЗ-камера 2 оптично з'єднана з об'єктивом 3, який з'єднано з перестроюваним фільтром 4. Крім того, ПЗЗ-камера 2 підключена до блоку керування та обробки зображень 5.

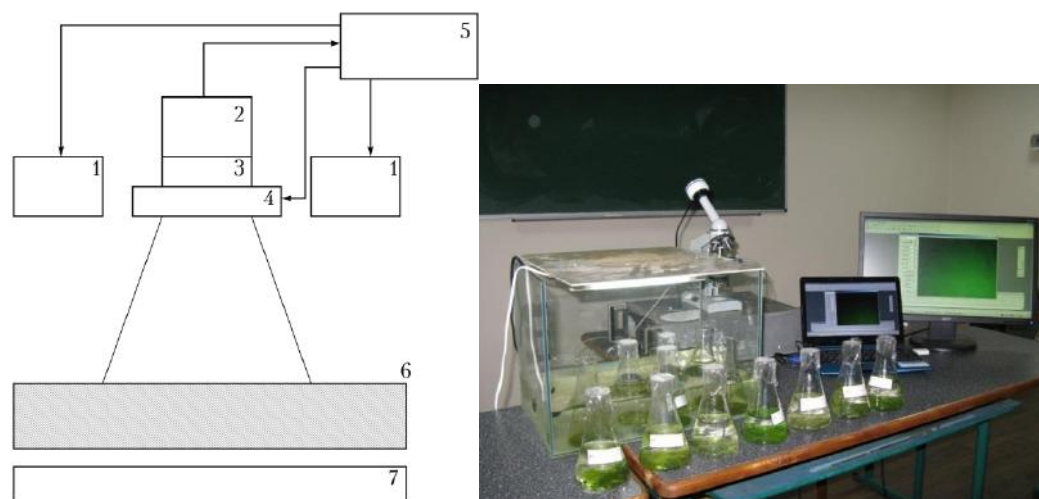


Рисунок 3.18 – Структурна схема засобу мультиспектрального вимірювання параметрів забруднення водних середовищ та його зовнішній вигляд

Експериментальні дослідження проводили з використанням пестицидного препарату Раундап (виробник, MONSANTO Europe S.A.), а також і з іншими пестицидами типу Бі-58 тощо. При цьому препарат Раундапу містить у своєму складі ізопропіламінну сіль гліфосату (41.5%), поверхнево активну речовину (15,5%) та воду (43%). У відповідності з Директивою 1999/45/ЕС на цей препарат розроблено паспорт безпеки, у якому вказана наступна інформація, що стосується леталь-

ної концентрації для певних тест-об'єктів, а також дані про біоаккумуляцію та швидкість розкладання у навколишньому середовищі.

Зокрема, для райдужної форелі (*Oncorhynchus mykiss*) ЛК50=8,2 мг/л при дослідженні гострої токсичності протягом 96 годин у проточній воді. Для дафній (*Daphnia magna*) ЛК50=11 мг/л при дослідженні гострої токсичності протягом 96 годин у непроточній воді. Для зелених водоростей (*Selenastrum capricornutum*) ЛК50=8,0 мг/л при дослідженні гострої токсичності протягом 96 годин у непроточній воді. Для ряски малої (*Lemna minor*) ЛК50=6,0 мг/л при дослідженні гострої токсичності протягом 7 діб у не проточній воді.

Що стосується швидкості розкладання компонентів пестицидного препарату у навколишньому середовищі, то у паспорті безпеки вказано, що період напіврозпаду гліфосату у водному середовищі складає до 7 днів, період напіврозпаду поверхнево активної речовини у складі препарату складає до 1 місяця. Біоаккумуляція компонентів пестицидного препарату у водних організмах відсутня.

Методика біотестування заснована на визначенні зміни інтенсивності розмноження водоростей при впливі токсичних речовин, що містяться в тестованій воді у порівнянні з контролем. Показником інтенсивності розмноження є коефіцієнт приросту чисельності клітин водоростей. Короткочасне біотестування – 96 год – дозволяє визначати наявність гострої токсичної дії на водорості, а тривале біотестування – 14 діб – наявність хронічної токсичної дії. Критерієм токсичності є достовірне зниження коефіцієнта приросту чисельності клітин у тестованій воді в порівнянні з контролем. У якості тест-об'єкта використано культуру *Chlorella vulgaris* Beijer. Водорості вирощують на штучному живильному середовищі Успенського № 1. Культуру водоростей вносять в стерильну колбу з живильним середовищем в кількості, що дає світло-зелене забарвлення. Після посіву колбу закривають стерильною ватно-марлевою пробкою і ковпачком з пергаментного паперу. Культивують водорості при цілодобовому освітленні лампами денного світла, розміщеними на відстані 30-40 см від поверхні культури, освітленість 2000-3000 лк. Культуру водоростей періодично перемішують, струшуючи 1-2 рази на

добу. Оптимальна температура для вирощування водоростей 18-20 °С. Для дослідження хронічної токсичної дії пестицидного препарату на водорості тестування проводили протягом 14 діб. Результати мультиспектральних вимірювань наведено у табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Результати мультиспектральних вимірювань концентрації пестицидів

Дослід	C _{pp} , мг/л	Довжина хвилі, нм							
		315	364	400	440	490	540	670	750
Контроль	0	5	6	10	16	17	22	21	23
1	2,353	0,1	0,2	1	1,1	2	4	5	5,2
2	4,706	4	6	8	9	12	15	12	16
3	9,412	1	1,1	3	3,1	5,2	6	7,5	7,6
4	18,824	5	9	2	2,1	2,3	1,8	2,8	3
...									
62	75,294	0,4	1	3	3,1	4,9	4	5,1	5,9

*Примітка: C_{pp} – концентрація розчину пестицидного препарату; результати вимірювання – дані поглинання випромінювань на різних довжинах хвиль, що пропорційні концентрації доліджуваного мікроорганізму.

Результати контролю токсичності проб води з наявністю препарату Раундап методом біотестування з використанням тест-об'єкту культури водорості хлорела (*Chlorella vulgaris* Beijer) за допомогою розробленого засобу мультиспектрального контролю наведені у табл. 3.10 та на рис.3.19.

Таблиця 3.10 – 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

*Примітка: С- концентарція розчину пестицидного препарату, I, % - тест-параметр (концентрація фітопланктону); Т, % - токсичність.

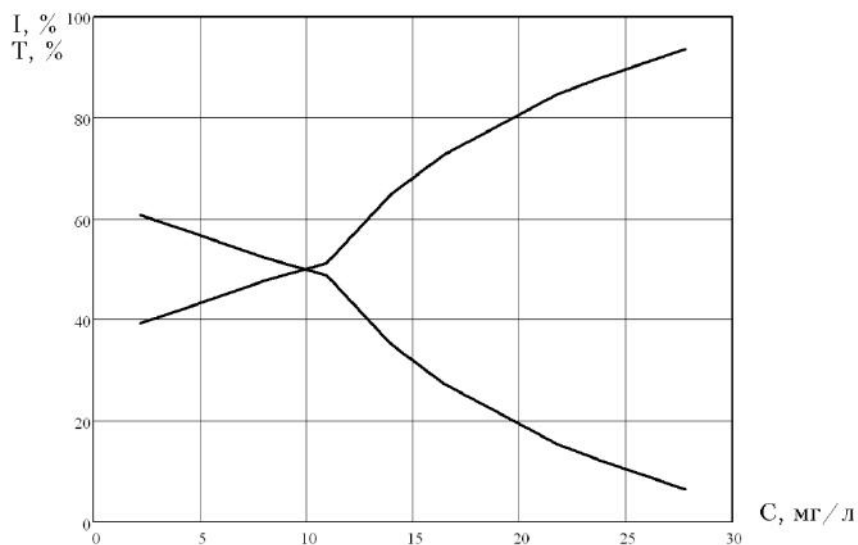


Рисунок 3.19 – Залежність тест-параметру та токсичності проб води з наявністю препарату Раундап визначена методом біотестування з використанням тест-об'єкту культури водорості хлорела (*Chlorella vulgaris* Beijer)

Отже, здійснено експериментальні дослідження токсичності вод за допомогою біотестування, що дозволило оцінити вплив токсикантів на екологічний стан водних об'єктів, а розроблені методи та засоби використано для мультиспектрального екологічного вимірювального контролю токсичності небезпечних відходів, що дозволило оцінити їх комплексний техногенний вплив на забруднення водних середовищ.

3.5 Дослідження впливу небезпечних компонентів твердих побутових відходів на людину і довкілля

3.5.1 Аналіз загроз потрапляння пестицидів та ПВВ у побутові відходи, сміттєзвалища і полігони та їх вплив на людину і довкілля

В Україні останнім часом активно декларується рух і інтеграція в Європейський простір, проте однією з вимог для досягнення цього є створення діючої системи сортування сміття за Європейським прикладом. На жаль, у нашій державі наразі такої ефективно діючої системи не створено.

В рамках актуальної редакції Закону «Про відходи» [147] в Україні з 1 січня 2018 року мало бути заборонено складування несорттованих побутових відходів та таких, що проявляють токсичний чи шкідливий ефект на довкілля. Наслідком з цього закону є заборона експлуатації сміттєзвалищ та їх закриття з вищезазначеної дати, що, у свою чергу, багатократно збільшить актуальність проблеми відходів. Деякі органи місцевого самоврядування готуються до цих змін і ведуть підготовчі роботи, створюючи основу для сортування сміття, плануючи кошти в бюджеті та залучаючи експертів і науковців у роботу. Проте станом на 2020 рік більша частина нехтує цим через брак коштів та досвіду.

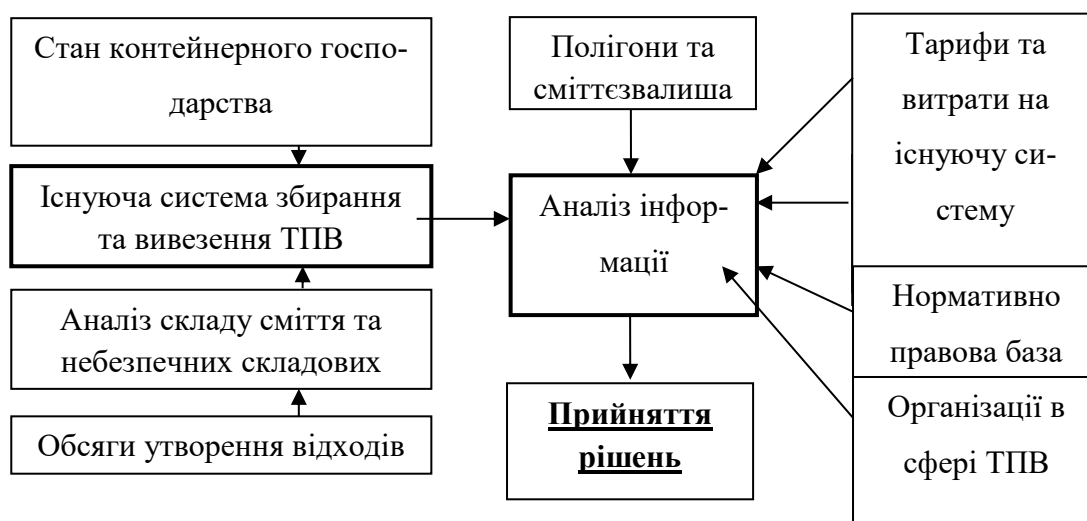


Рисунок 3.20 – Схема управління та збору об’єктивних даних про стан проблеми

Добре відомо, що одним із факторів, що уповільнюють впровадження прогресивних технологій утилізації і переробки сміття, є низький рівень розуміння населення актуальності проблеми. Також підвищує інертність цього процесу недостатнє фінансування, небажання змінювати тарифну політику, недосконалість законодавства та багато іншого.

Тим не менше, є приклади в Україні поступового впровадження програм розвитку міст у сфері поводження з відходами. Отже, все ж таки, ця задача реальна, тому розробка стратегії поводження з побутовими і небезпечним відходами є актуальною.

При цьому одним із важливих етапів розробки концепції поводження з відходами є збір детальної інформації про існуючий стан проблеми [7]. Для цього було проведено аналітичні та пошукові дослідження в межах Вінницької області про кількість сміттєзвалищ та частку паспортизованих, об'єми заповнення, термін експлуатації, частку та вміст компонентів відходів, дані про тарифи на збір сміття, кількість працюючого персоналу, наявність сміттєвих майданчиків та баків, робочої техніки, тарифи на вторинні ресурси тощо. На рисунку 3.20 представлено напрямки збору інформації для подальшої розробки механізмів вдосконалення існуючої системи та формування концепції поводження в відходами.

У Вінницькій області 27 районів. В середньому, у кожному з них проживає по 25-55 тисяч жителів, близько половини в районному центрі і решта в селах та селищах. Також райони містять близько 30-50 сміттєзвалищ – фактично у кожному селі чи сільській раді. Загалом, на Вінницьку область можна нарахувати 5-7 облаштованих полігонів побудованих за відповідними сучасними технологіями, тобто 1 полігон на 3-4 райони [148].

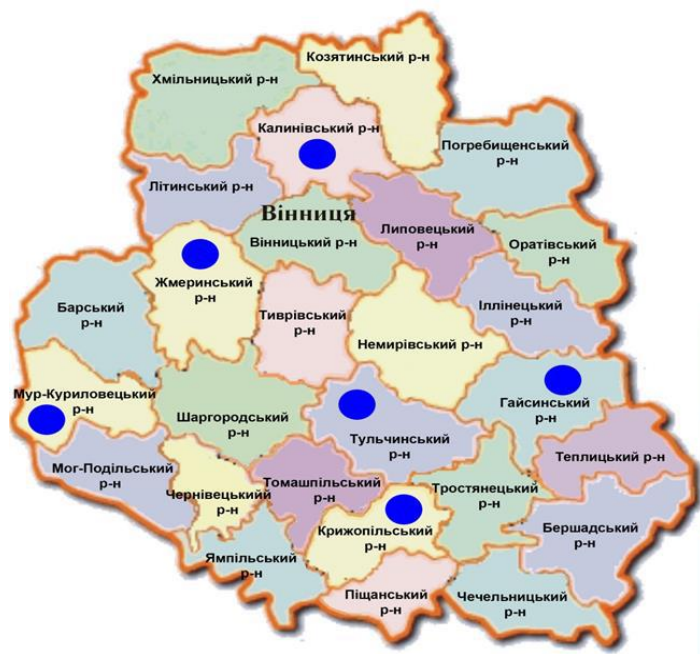


Рисунок 3.21 – Проект розміщення сміттєсортувальних міжрайонних станцій

вивезення на полігони або сміттєзвалища. Іноді навіть цього немає.

В результаті досліджень нами було встановлено, що періодичним збиранням відходів покрито близько 20 % області. У решти сміття систематично не збирається, що є причиною великої кількості стихійних звалищ [149] у необлаштованих місцях [150,151].

В цілому, система поводження з ТПВ у Вінницькій області фактично зводиться до їх

В деяких районах Вінницької області є сміттесортувальні дільниці, зокрема, у Вінницькому, Калинівському, Жмеринському, Муровано-Кириловецькому, Тульчинському, Крижопільському, Барському, Гайсинському районах. Проте майже всі вони не функціонують через недостатність коштів на їх запуск або через неповну завантаженість. Реальний стан більшості з них вкрай незадовільний, оскільки станції вартістю близько одного-двох мільйонів гривень кожна у не функціонуючому стані псується і виходять із ладу. Проте позитивним прикладом якісного використання сміттесортувальної дільниці є сміттєзвалище у с. Стадниця Вінницького району, де діє станція спалювання звалищного газу.

Для запуску однієї такої дільниці орієнтовно потрібно близько двох мільйонів гривень. Проте досвід Європейських держав свідчить, що більш ефективним є використання сміттесортувальних дільниць потужністю 20-30 кубометрів на добу для декількох невеликих міст і сіл.

В Україні планується здійснення адміністративної реформи, за якою буде здійснено укрупнення місцевих рад та зменшення повноважень районних і обласних. Тим самим це може дати поштовх до реалізації та реального впровадження повсюдного збору і екологічно безпечного поводження з відходами.

Також важливою складовою аналізу полігонів є дослідження вмісту деяких хімічних речовин в ґрунтах поблизу сміттєзвалищ. Нами було проаналізовано ґрунти сміттєзвалищ поблизу м. Козятин, м. Ямпіль, м. Гнівань, м. Бар, м. Калинівка, м. Гайсин, м. Жмеринка, смт Томашпіль, смт Тиврів, смт Вороновиця, с. Стадниця, с. Мазурівка та ін. на вміст катіонів металів: нікель, свинець, мідь, кадмій, марганець, цинк. Проаналізувавши отримані дані, видно, що перевищення ГДК спостерігається для чотирьох полігонів із тринадцяти досліджуваних. Для Барського сміттєзвалище вміст цинку в ґрунтах на 10,35 мг/кг перевищує ГДК, а вміст свинцю – на 13,6 мг/кг. На Гайсинському полігоні спостерігається незначне перевищення вмісту нікелю. Вміст цинку в ґрунтах Гніванського полігону ТПВ майже в п'ять разів перевищує допустимі норми, а на Ямпільському полігоні ТПВ – в півтора рази [152,43].

1. Аналіз стану МВВ Вінницької області свідчить, що:

- стан більшості МВВ (місць видалення відходів) є незадовільним, значна їх кількість не відповідають встановленим нормативам і потребують розроблення заходів щодо покращення їх стану та приведення до вимог і норм природоохоронного законодавства;

- середній відсоток заповнення МВВ області складає близько 25 %, що дозволяє використовувати їх ще протягом тривалого часу, проте, як правило, МВВ районних центрів або декілька МВВ в районі заповнені значно більше – в межах 80%, що потребує негайних дій стосовно них. Особливої уваги заслуговують МВВ наступних населених пунктів: м. Бар, м. Бершадь, м. Гайсин, м. Іллінці, смт. Крижопіль, м. Липовець, смт. Літин, с. Вендичани (Мог.-Подільський р-н), смт. Муровані Курилівці, смт. Брацлав, с. Кудлаї (Немирівський р-н), с. Уланів (Хмельницький р-н), м. Шаргород, Гальжбіївська сільська рада (Ямпільський р-н);

- середній термін використання МВВ складає близько 20 років і, згідно паспортів, МВВ можуть використовуватись ще протягом 20-30 років. Проте деякі МВВ використовуються вже протягом 40-60 років, що перевищує запроектований термін використання, і потребує їх закриття або негайного втручання. Особливої уваги заслуговують МВВ наступних населених пунктів: с. Носівці (Гайсинський р-н), с. Уладівка (Літинський р-н), смт. Теплик, с. Уланів (Хмельницький р-н), м. Шаргород;

- більшість МВВ області мають площу близько 0,5–1 га, проте деякі мають площу 3–5 га, що свідчить про їх високі темпи наповнення або тривалий термін експлуатації, а тому потребують підвищеного контролю;

- з графічних даних видно, що перевищення ГДК забруднювальних речовин у ґрунтах спостерігається по деяких полігонах. Наприклад, для Барського сміттєзвалища вміст цинку в ґрунтах перевищує ГДК на 10,35 мг/кг, а вміст свинцю – на 13,6 мг/кг. На Гайсинському полігоні спостерігається незначне перевищення вмісту нікелю. Вміст цинку в ґрунтах Гніванського полігону ТПВ майже

в п'ять разів перевищує допустимі норми, а на Ямпільському полігоні ТПВ – в півтора рази.

2. Аналіз системи поводження з ТПВ у Вінницькій області показав такі ключові недоліки:

- недостатня кількість контейнерів для збирання ТПВ (навіть у тих населених пунктах, де ТПВ вивозяться, подекуди взагалі відсутні контейнери);

- значна кількість територіальних громад зовсім не охоплені системою поводження з ТПВ;

- відсутність спеціалізованих транспортних засобів для вивезення ТПВ у багатьох населених пунктах (є лише у більших районних центрах) та значна їх зношеність (більше 80 %);

- обмеженість коштів на розвиток системи поводження з ТПВ і створення відповідної інфраструктури;

- орієнтація працівників виробництв на власні економічні інтереси, пов'язані зі збільшенням прибутку і недостатня увага до проблеми ТПВ;

- вкрай повільне впровадження економічних інструментів залучення ТПВ до повторного використання, недостатня розробленість механізмів їх застосування;

- неузгодженість основних напрямків у політиці управління ТПВ на різних рівнях управління;

- невизначеність та нерозмежованість функцій у поводженні з ТПВ організаційних структур управління на рівні області, районів і населених пунктів;

- обмеженість взаємодії між районами та населеними пунктами, дрібномасштабність завдань, які вирішуються ними, що не сприяє вирішенню проблеми в цілому;

- недостатність, неповнота та неоперативність інформації за якісними і кількісними показниками щодо утворення та використання ТПВ.

Варто зазначити, що роздільне збирання ТПВ впроваджене лише фрагментарно (найкращі приклади – м. Тульчин [153], м. Могилів-Подільський, м.Вінниця) і загальна система управління та поводження з відходами відсутня

[154,155]. При цьому проблема небезпечних відходів у складі ТПВ також вирішується дуже повільно і їх окреме збирання відбувається лише у декількох населених пунктах.

Відтак, нами розроблено загальні рекомендації щодо підвищення ефективності системи поводження з ТПВ, а саме:

1. Існуюча система поводження з ТПВ у Вінницькій області зводиться лише до їх вивезення на полігони та сміттєзвалища, а тому потребує докорінної зміни та оптимізації.

2. Всім державним структурам, причетним до поводження з ТПВ, а також засобам масової інформації вжити агітаційно-роз'яснювальних, еколого-просвітницьких та виховних заходів щодо поводження з ТПВ, зокрема: випустити ряд відповідних агітаційно-просвітницьких листівок, книг, брошур, суттєво збільшити кількість телерадіопередач на екологічну тематику; в тому числі присвячену проблемі ТПВ; вести роз'яснювальну роботу у дитсадках, школах, ЖЕК-ах, мікрорайонах з метою інформування населення і кардинальної зміни пострадянської свідомості на еколого-цивілізаційну.

3. Рекомендувати громадським екологічним організаціям, студентам-екологам та ін робити акцент у роботі з населенням області на ідеях концепції сталого розвитку, а саме: необхідності самообмежень, екологізації життя, переходу від шкідливих і небезпечних технологій до сучасних ресурсоенергозберігаючих, маловідходних екотехнологій; правильного поводження з ТПВ тощо.

4. Рекомендувати сортування ТПВ на першому етапі їх утворення в домашніх умовах або на контейнерних дільницях, а також посилення відповідальності за розміщення ТПВ у несанкціонованих місцях та недотримання інших вимог законодавства у сфері поводження з ТПВ.

5. Під час розроблення і реалізації проектів нових полігонів ТПВ ретельно врахувати всі необхідні екологічні, будівельні та санітарні державні норми і нормативи.

6. Рекомендувати відповідним державним структурам та органам місцевого самоврядування відпрацювати чітку схему максимально ефективного використання існуючих сміттесортувальних ліній, які вже закуплені декількома районними центрами, з урахуванням інтересів територіальних громад всієї Вінницької області.

7. Органам державної влади і місцевого самоврядування розглянути можливі варіанти залучення інвестицій для вирішення проблеми ТПВ.

8. Переглянути тарифи на послуги з вивезення ТПВ у сторону їх збільшення за зразком європейських країн, оскільки їх розмір не дозволяє ефективно вирішувати проблему ТПВ.

9. Рекомендувати збільшити кількість пунктів прийому вторинної сировини та вирішити питання щодо окремого збирання небезпечних побутових відходів.

10. Рекомендувати створити еколого-координаційний центр з питань поводження з ТПВ на основі робочої групи та відповідних фахівців, представників комунальних підприємств, органів місцевого самоврядування та громадськості.

При цьому основним недоліком існуючої проблеми відходів є недостатнє фінансування та низькі тарифи на видалення відходів у порівнянні з світовими аналогами. Це, в свою чергу, викликано низьким фінансовим забезпеченням населення та нерозумінням громадськості актуальності проблеми та її наслідків.

Тому для створення ефективної системи вивозу, збору і переробки ТПВ варто внести зміни у законодавство України для стимулювання приватних підприємців до капіталовкладень в цю сферу, а також спалювання сміття чи звалищного газу і продажу електроенергії за льготним тарифом у мережу. Таким чином, можна досягти ефективного збору і переробки сміття, а, головне, частково позбутися проблеми ТПВ та перезавантаженості полігонів, а розроблена для Вінниччини концепція поводження з відходами є актуальною для більшості областей України.

3.5.2 Аналіз стану управління та поводження з пестицидвмісними компонентами побутових відходів

Відомо [156], що приблизно 0,1 % твердих побутових відходів (ТПВ) містять небезпечні побутові відходи, тобто ті відходи, що утворюються в процесі життєдіяльності людини в житлових та нежитлових будинках і мають такі фізичні, хімічні, біологічні чи інші небезпечні властивості, які створюють або можуть створити значну небезпеку для навколишнього природного середовища або здоров'я людини та які потребують спеціальних методів і засобів поводження з ними. Зокрема, до небезпечних компонентів ТПВ відносяться миючі засоби, фарби, клеї, прострочені медикаменти, люмінесцентні лампи, пестицидні препарати, мінеральні добрива, батарейки та акумулятори, відходи електричного та електронного обладнання, ртутьвмісні матеріали (наприклад, термометри). На сьогоднішній день ці види відходів збираються разом з іншими ТПВ та накопичуються на полігонах (сміттєзвалищах), де вони становлять серйозну небезпеку для довкілля та здоров'я людини, оскільки токсичні сполуки, які у них містяться, можуть вільно контактувати із навколишнім середовищем. В той же час, в Україні відсутні ефективні механізми поводження із такого типу відходами. Метою нашого дослідження є аналіз небезпечних компонентів побутових відходів на прикладі Вінницької області та способів поводження з ними, а також надання відповідних рекомендацій.

Щодо аналізу небезпечних компонентів побутових відходів, то варто зазначити, що згідно довідкових даних [157], близько 0,25% маси всіх ТПВ і близько 50% у складі небезпечних компонентів ТПВ складають батарейки та акумулятори. Вони містять такі небезпечні речовини: як сполуки важких металів (цинку, мангану, ртуті, міді, свинцю, кадмію, нікелю та ін.), кислоти тощо. При цьому металеве покриття відпрацьованих і викинутих з іншими відходами батареек руйнується, небезпечні речовини проникають у довкілля, забруднюючи його.

Натомість, швидкий технологічний розвиток суспільства викликає різке зростання відходів електричного та електронного обладнання. До них, зокрема, відно-

сяться використані побутова техніка, телекомунікаційна апаратура, комп'ютерна техніка та її комплектуючі, оргтехніка, телефони, камери, радіоприймачі, освітлювальне обладнання, електроінструменти, іграшки з електричними або електронними компонентами, інші автоматичні пристрої. У дослідженні [158] серед полімерних матеріалів у складі таких відходів виявлено полістирол (42%), сополімер акрилонітрил-бутадієн-стиролу (38%) та поліпропілен (10%). Решту 10% складають поліетилен, полівінілхлорид та інші полімери. Полімерні інгредієнти електронних відходів складаються із синтетичних високомолекулярних сполук. В значних кількостях при їх виготовленні використовуються зв'язуючі речовини-пластифікатори та наповнювачі. Ці зв'язуючі речовини не вступають в хімічну реакцію з органічною основою і можуть виділятися з композиції та забруднювати довкілля. За певних умов в навколишньому середовищі (вплив ультрафіолетового випромінювання, температури, вологості) із полімерного матеріалу можуть виділятися не тільки продукти власного розкладання, але і залишкові кількості низькомолекулярних хімічних речовин (мономерів, пластифікаторів, отверджувачів, розчинників, барвників, стабілізаторів, продуктів деструкції і т.д.), які, як правило, мають виражену біологічну активність. Але головними забруднювачами довкілля у складі відходів електричного та електронного обладнання є важкі метали (переважно свинець, ртуть, кадмій і шестивалентний хром) та антипірени – полібромовані дифеніли (PBVBs), полібромовані дифенілові ефіри (PBDEs) тощо.

У побуті також широко використовуються лаки, фарби, клеї. Їх основними компонентами є сполучні речовини (полімери, каучуки, похідні целюлози, оліфи тощо) і пігменти. Останні містять оксиди і солі металів, які є потенційно небезпечними для навколишнього середовища. Це, наприклад, карбонат свинцю, цинк сульфід, хромат цинку, хромат і сульфат свинцю, оксиди мангану і хрому. Лакофарбові вироби є небезпечними при випаровуванні з них летких речовин-розчинників. В деяких випадках продукти розкладання таких речовин ще більш небезпечні, ніж сама речовина. Це, наприклад, стосується такої речовини, як сти-рол [159].

Досить часто у загальну масу побутових відходів, особливо у приватному секторі, можуть потрапляти залишки пестицидних препаратів, які є надзвичайно токсичними. В багатьох пестицидних препаратах використовуються, як правило, неіонні поверхнево-активні речовини (емульгатори, диспергатори), наприклад акрилові ефіри поліоксиетиленів, або їх суміші з іоногенними поверхнево-активними речовинами, наприклад з алкілбензолсульфонатами. Як стабілізатори, використовуються аніонні поліелектроліти (алкілсульфонати Na або Ca). Крім того, в основі цілої групи пестицидів лежать небезпечні сульфур- і фосфорорганічні сполуки. При цьому екологічна небезпека пестицидів пов'язана з їх персистентністю, тобто здатністю зберігатися деякий час в навколишньому середовищі, не втрачаючи своєї біологічної активності. В результаті деструкції пестицидів утворюються інші дуже небезпечні сполуки, наприклад, діоксини, які є сильними канцерогенами.

Більшість пральних та миючих засобів виготовлено на основі фосфатів, хлору, аніонних поверхнево-активних речовин, продуктів нафтопереробки. Також засоби побутової хімії містять гідрохлорид натрію (спричиняє захворювання серцево-судинної системи), нафтові дистиляти (негативно впливають на зір та нервову систему людини), феноли та крезолі (можуть викликати порушення функцій печінки та нирок), нітробензол, формальдегід (сильний канцероген) [160]. Тому потрапляння їх залишків у довкілля разом з іншими побутовими відходами також становить загрозу. За відсутності очищення побутових стічних вод (характерно для більшості невеликих населених пунктів) дані речовини вільно потрапляють у навколишнє середовище і забруднюють, зокрема, джерела питної води.

У побутових відходах періодично також з'являються медичні відходи – прострочені ліки, бинти, використані шприци тощо. У медичних закладах такі відходи підлягають обов'язковому спалюванню. Але в побутових умовах вони потрапляють у загальну масу відходів. Таким чином, з'являється серйозна небезпека біологічного забруднення навколишнього середовища.

Одними із найнебезпечніших компонентів побутових відходів є ртутьвмісні матеріали. Найпоширенішими з них є термометри і люмінесцентні лампи. Отже, при їх пошкодженні чи неналежному поводженні, в тому числі і викиданні разом з іншими побутовими відходами, ртуть потрапляє в навколишнє середовище. Наприклад, одна люмінесцентна лампа містить від 80 до 120 мг ртуті, яка відноситься до речовин 1-го класу небезпеки і разом із загальною токсичною дією викликає ембріотоксичний, тератогенний і мутагенний ефекти. Небезпека ртуті та її парів посилює висока швидкість випаровування. Концентрація парів ртуті в приміщенні залежить від площі випаровування, швидкості руху повітря над поверхнею ртуті, стану її поверхні, температури повітря та інших факторів [161].

Узагальнена інформація про наявність небезпечних хімічних сполук у складі вищенаведених компонентів ТПВ наведена у табл. 3.11.

Таблиця 3.11 – 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	Ртуть, кадмій, свинець, олово, нікель, цинк та їх сполуки, бромвмісні органічні сполуки

При цьому ситуація із небезпечними компонентами у складі ТПВ у Вінницькій області залишається досить складною. Підприємства, установи та організації зобов'язані збирати такі відходи окремо і укладати договори на їх вивезення або утилізацію із ліцензованими підприємствами. Тому поводження із небезпечними побутовими відходами у комерційному секторі відбувається переважно належним чином, окрім деяких випадків відсутності подібних договорів із відповідними санкціями щодо підприємств-порушників. Крім того, всі організації, які мають справу із небезпечними відходами, отримують відповідний дозвіл згідно «Положення про порядок видачі дозволу на експлуатацію об'єкта поводження з небезпечними відходами».

Однак, значно гіршою є ситуація із поводженням з небезпечними побутовими відходами населенням. Згідно «Правил надання послуг з вивезення побутових відходів» передача небезпечних відходів у складі побутових відходів здійснюється споживачами та виконавцями послуг з їх вивезення відповідно вимог санітарного законодавства спеціалізованими підприємствами, що одержали ліцензії на здійснення операцій у сфері поводження з небезпечними відходами. Незважаючи на існуючі законодавчі акти і програми та зобов'язання людей не викидати небезпечні відходи разом з іншими відходами, у населених пунктах Вінницької області практично відсутні будь-які механізми реалізації державної політики у даному напрямку.

Лише нещодавно в окремих населених пунктах (м. Вінниця, м. Ладижин, смт. Стрижавка Вінницького району) організовано пункти прийому найпоширеніших небезпечних побутових відходів (люмінесцентних ламп, батарейок, термометрів). Це реалізовано за ініціативи приватних підприємств та громадськості. Деякі пункти містять відповідні інформаційні матеріали.

З огляду на те, що у Вінницькій області тільки розбудовується ефективна та екологічно прийнятна система поводження з ТПВ, дані проекти мають особливе значення як для розвитку самої інфраструктури поводження з ТПВ, так і для підвищення екологічної свідомості та культури громадян.

В усіх інших випадках небезпечні побутові відходи викидаються разом з іншими відходами, потрапляючи в подальшому на полігони (сміттєзвалища). На жаль, спеціалізовані підприємства у сфері поводження з небезпечними відходами на території Вінницької області працюють лише у м. Вінниці та околицях. Вони приймають для подальшого поводження лиш такі небезпечні відходи: люмінесцентні лампи та інші відходи, що містять ртуть; нафтопродукти; свинцеві акумулятори; розчини кислот чи основ; відходи і брухт електричних та електронних пристроїв; медичні відходи; відходи виробництва, одержання і застосування фармацевтичних препаратів; відходи виробництва, одержання і застосування чорнила, барвників, пігментів, фарб, лаків, оліфи; відходи виробництва, виготовлення і застосування смол, латексів, пластифікаторів, клеїв/в'язучих матеріалів; відходи, які складаються або містять хімічні речовини, що не відповідають специфікації або мають прострочений термін придатності; відходи сумішей масло/вода, вуглеводні/вода, емульсії; гальванічний шлам; розчини після травлення металів. У зв'язку з цим, навіть за наявності пунктів збирання небезпечних відходів від населення, постає проблема їх подальшого транспортування, переробки та утилізації. Таке територіальне розташування фактично унеможлиблює обслуговування більшої частини території області. Крім того, працюючі на території Вінницької області спеціалізовані підприємства самі не переробляють небезпечні відходи, а лише збирають їх і передають іншим підприємствам. Варто зазначити, що в Україні потужності підприємств, які можуть переробляти небезпечні відходи, дуже обмежені.

Відтак, найбільш актуальними рекомендаціями у галузі поводження з небезпечними компонентами побутових відходів є такі:

- гармонізація [162] європейського [163,164] та українського законодавства [165] у сфері поводження з небезпечними компонентами побутових відходів. Для цього необхідно підготувати законодавчу базу для створення і ефективної роботи єдиної системи поводження з небезпечними відходами, в тому числі і в складі ТПВ;

- вдосконалення та законодавче закріплення переліку небезпечних компонентів побутових відходів, при поводженні з якими будуть застосовуватись вимоги, які сьогодні існують для інших небезпечних (промислових) відходів;

- зобов'язання виробників продукції, яка після використання стає небезпечними компонентами побутових відходів, вести облік обсягів, властивостей та походження цих небезпечних відходів та забезпечення надання цієї інформації усім зацікавленим сторонам;

- забезпечення запобігання надходженню небезпечних компонентів побутових відходів у довкілля шляхом їх роздільного збирання;

- створення пунктів організованого збирання небезпечних відходів та визначення вимог до них;

- створення ефективної системи моніторингу процесу поводження з небезпечними відходами та підприємств, які здійснюють поводження з ними.

- встановлення правил пакування та маркування небезпечних відходів згідно з міжнародними стандартами та стандартами ЄС;

- розроблення керівництв по ідентифікації небезпечних відходів, по їх відокремленню, елементарним правилам поводження;

- налагодження координаційної діяльності органів місцевого самоврядування, органів центральної влади, громадськості та інших зацікавлених сторін у сфері поводження з небезпечними компонентами побутових відходів;

- створення ефективної системи інформування громадськості щодо безпечного поводження з небезпечними компонентами побутових відходів;

- розроблення системи стимулювання правильного (коректного) поводження з небезпечними компонентами побутових відходів;

- встановлення суворої відповідальності за порушення при поводженні з небезпечними компонентами побутових відходів.

Отже, нами встановлено, що у складі небезпечних компонентів побутових відходів наявна велика кількість небезпечних і токсичних речовин (сполуки важких металів, хлорвмісні полімери, ароматичні вуглеводні, поверхнево-активні речови-

ни та інші). Загальна ситуація із небезпечними компонентами у складі побутових відходів у Вінницькій області є досить складною. Лише нещодавно в окремих населених пунктах організовано пункти прийому найпоширеніших небезпечних побутових відходів – батарейок та, подекуди, ртутьвмісних ламп. На жаль, не сприяє покращенню ситуації і недостатня кількість спеціалізованих підприємств у сфері поводження з небезпечними відходами. У зв'язку з цим, навіть за наявності пунктів збирання небезпечних відходів від населення, постає проблема їх подальшого транспортування та переробки. Таким чином, у Вінницькій області на сьогодні відсутні реальні механізми зменшення впливу на довкілля небезпечних компонентів у складі побутових відходів за винятком окремих громадських ініціатив. Головними рекомендаціями для ефективного поводження з небезпечними компонентами побутових відходів є закладання відповідної законодавчої бази із врахуванням світового досвіду, а також створення реальних механізмів ефективного управління та екологічно безпечного поводження з такого типу відходами.

3.6 Висновки до розділу 3

1. Досліджено небезпечні фактори впливу хімічних забруднень на НП на здоров'я дитячого населення України. При цьому встановлено, що чим більше забруднена територія проживання, тим більша кількість людей та інших екосистем мають значно вищий рівень функціональної захворюваності або відхилення від норми.
2. Здійснено аналіз впливу ПП та інших техногенних загроз на теріофауну України, зокрема, мисливських тварин. Відповідно встановлено, що чим більше пестицидне навантаження, тим нижче чисельність популяції особин певного виду (на прикладі зайця-русака та дикої свині).
3. Обґрунтовано фітотоксичний ефект ПП за допомогою біоіндикації на прикладі редису посівного та гіллястовусих ракоподібних дафній з використанням найбільш використовуваних у с-г пестицидів, а саме: Раундап, Ридоміл та Децис. В результаті експериментальних досліджень встановлено пряму

залежність пригнічення морфометричних показників рослинних зразків від кількості та природи внесеного пестициду.

4. Досліджено вплив пестицидів на забруднення водних середовищ з допомогою мультиспектральних методів та біотестування з використанням тест-об'єкту культури водорості хлорели. Це дозволило оцінити вплив токсикантів (ППІ типу Раундап та Бі-58) на екологічний стан водних об'єктів і токсичності небезпечних відходів.
5. Досліджено вплив небезпечних компонентів твердих побутових відходів (ТПВ) на людину і довкілля. Проаналізовано ключові недоліки системи поводження з небезпечними компонентами побутових відходів та розроблено конкретні науково-обґрунтовані рекомендації щодо необхідності удосконалення та якісного реформування державної та регіональних систем управління та поводження у сфері відходів.

У матеріалах розділу використані роботи здобувача [11,12,17,20,27,28,29,30,31,36].

РОЗДІЛ 4 НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ УТИЛІЗАЦІЇ, ПЕРЕРОБКИ ТА ЗНЕШКОДЖЕННЯ НЕПРИДАТНИХ ПЕСТИЦИДІВ ТА ПЕСТИЦИДВМІСНИХ ВІДХОДІВ

4.1 Наукове обґрунтування переваг сучасних термічних методів знезараження пестицидів

Як відомо, на сучасному етапі розвитку технологій існує безліч методів і засобів знешкодження, розкладання, переробки, утилізації токсичних отрутохімікатів, у першу чергу, НП та ПВВ. Серед них найбільшої уваги заслуговують саме термічні методи і засоби [167]. При цьому всі непридатні хімікати в умовах високих температур, наприклад, в околі 1000-1600°C, в результаті термічної конверсії розкладаються з виділенням переважно: сажі, галоген-, сірко-, фосфор-, азотвмісних сполук, галоїдоводнів, летких органічних речовин, діоксиду сірки, сірководню, амінів, ціанвмісних речовин та багато інших (рисунк. 4.1-4.5). Більшість із них є токсично-, вибухо- і пожежонебезпечними. Крім того, можуть утворюватися пари води, оксиди і діоксиди вуглецю, сірки, азоту, і, особливо, діоксини, фурани та інші екологічно небезпечні речовини. Вони є токсичними забруднювачами ґрунтів, води і атмосферного повітря, а також становлять значну загрозу для живих систем і людини, зокрема [167].

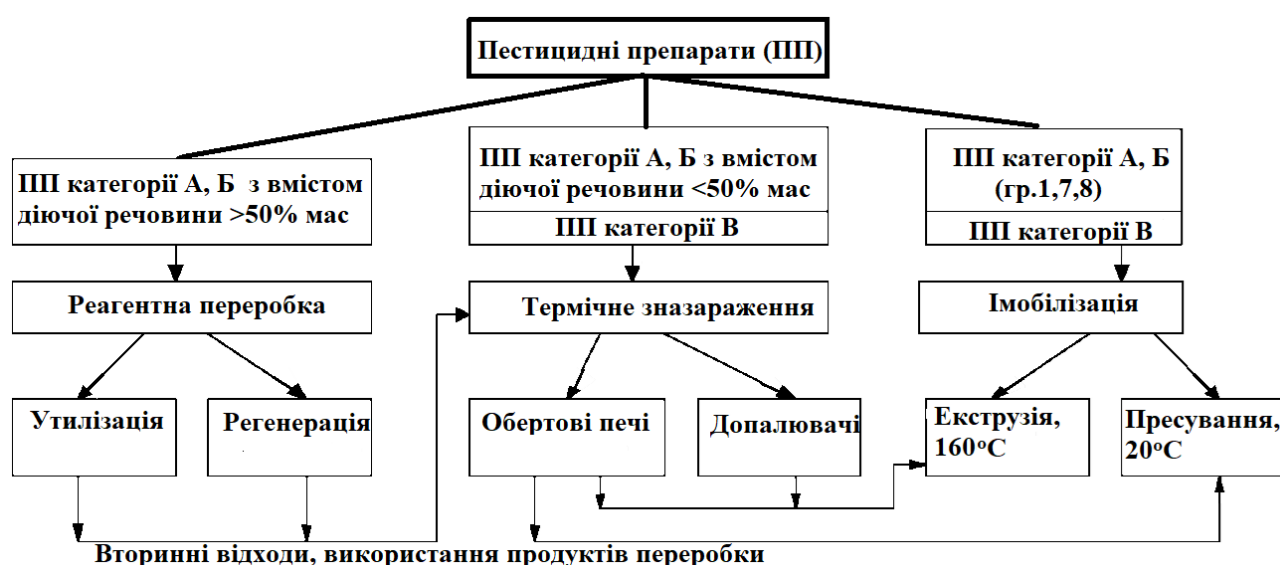


Рисунок 4.1 – Класифікація ПП за категоріями А, Б, В

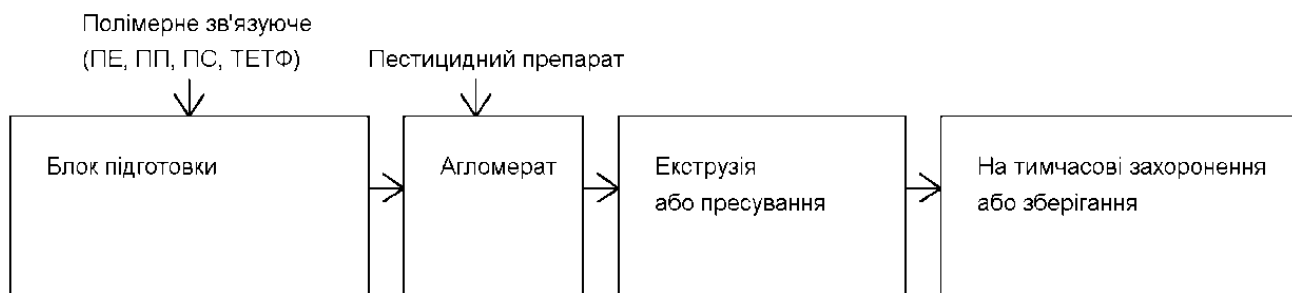


Рисунок 4.2 – Схема іммобілізації ПП

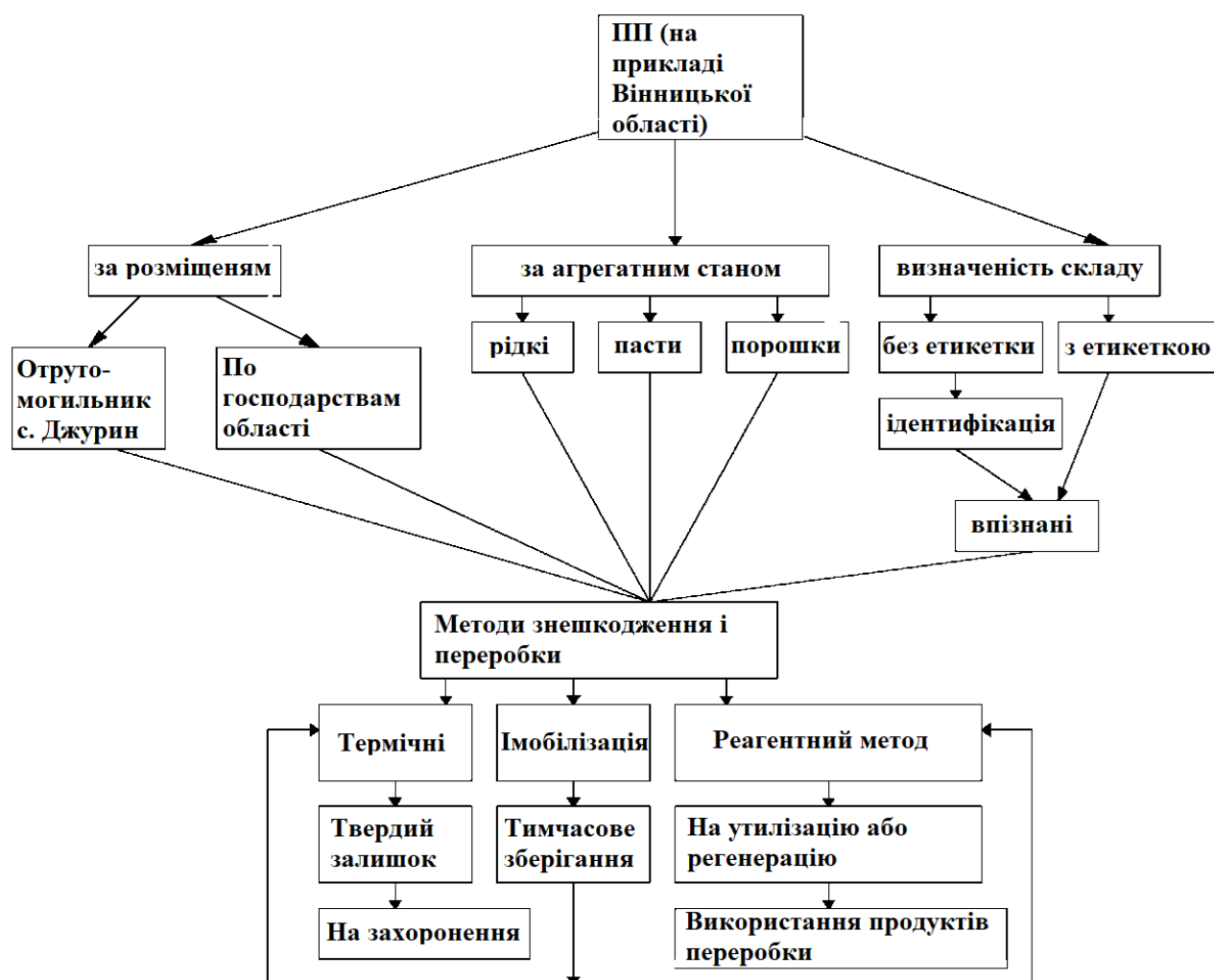


Рисунок 4.3 – Структурна схема застосування методів знешкодження непридатних ХЗЗР

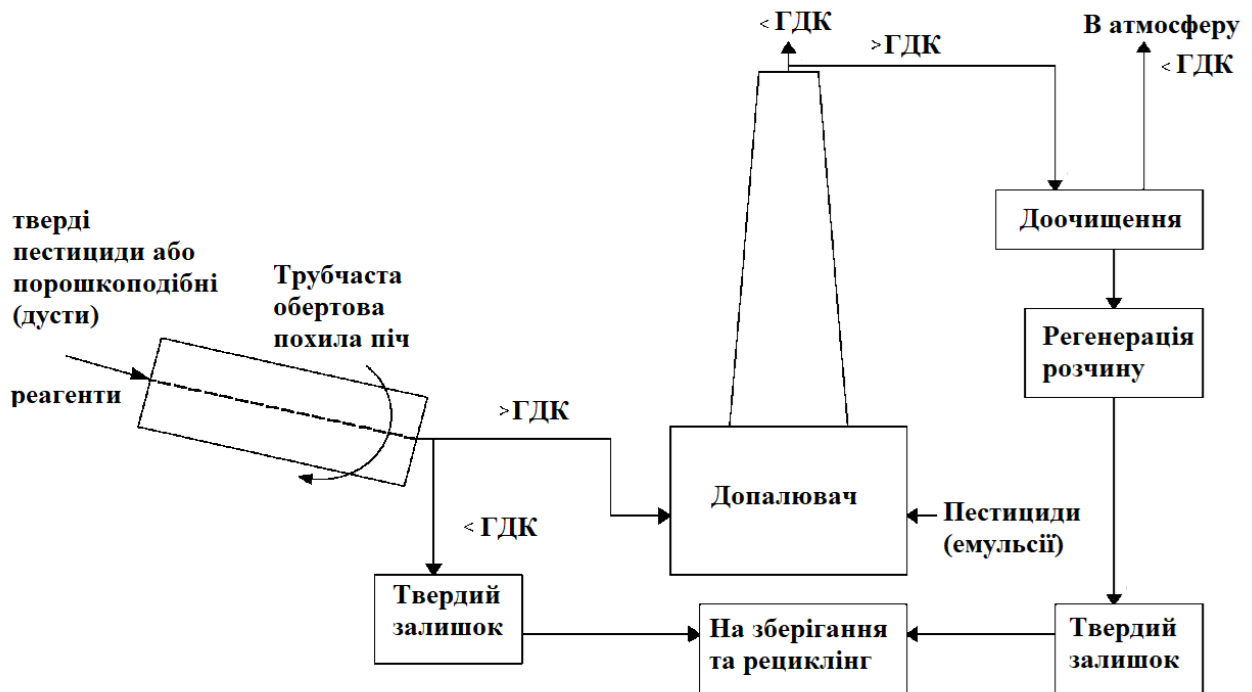


Рисунок 4.4 – Схема знешкодження ПП за допомогою трубчастої обертової похилої печі та допалювача

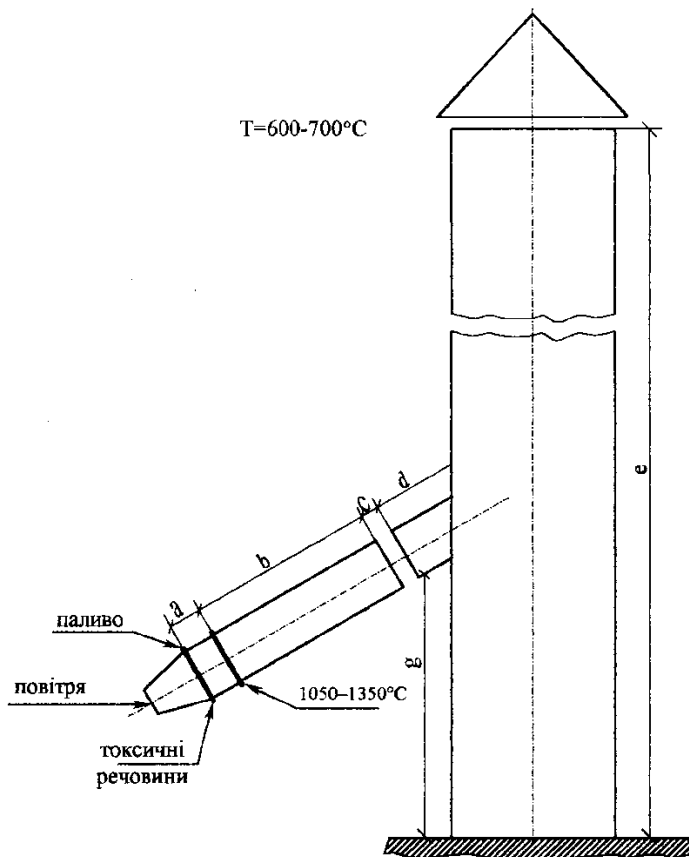


Рисунок 4.5 – Допалювач газів після ротаційної печі

Отже, у зв'язку із вищенаведеним виникла необхідність аналізу можливих найбільш оптимальних схем термічного знешкодження та переробки токсичних відходів з метою вибору оптимальних способів, апаратури, обладнання і розробки технологічних режимів знезараження та переробки НП та ПВВ.

4.2 Аналітичні дослідження фізико-хімічних характеристик термічної стійкості пестицидів.

Розробка нових прогресивних методів знезараження і ліквідації непридатних пестицидів та інших токсичних речовин – одна з головних задач у вирішенні складної проблеми захисту біосфери від забруднення [167].

Головним критерієм оцінки ефективності роботи будь-яких схем знезараження і ліквідації пестицидів є вміст токсичних речовин в продуктах, що поступають після процесу знезараження в біосферу. Кінцевий вміст шкідливих домішок не повинен перевищувати їх гранично допустимих концентрацій. Найперспективнішим в цьому напрямку є термічний метод знешкодження пестицидів. Цей шлях може виявитись найбільш перспективним і економічно вигідним, оскільки він знайшов широке використання і є прийнятним за санітарно-гігієнічними вимогами.

Крім того, з'являється можливість зменшити масу відходів (до 20%), регенерувати теплову енергію за рахунок згорання органічної складової відходів (10-17 Дж/г теплоти порівняно з 28 Дж/г теплоти, що виділяється при спалюванні вугілля) тощо.

В залежності від властивостей хімічно-небезпечних відходів вибирають і застосовують ті чи інші термічні способи, однак всі вони повинні відповідати таким основним вимогам:

1. Перемішування відходів пестицидів в процесі їх термічної обробки для покращення дифузійних процесів (кисню повітря до маси відходів), а також необхідність повного окиснення органічної частини відходів.
2. Забезпечення і підтримання достатньо високих температур, що гарантують повний розклад і згорання органічних складових відходів, регульоване запалювання і стійкість відходів.
3. Повне знезараження неорганічних складових відходів.
4. Простота, надійність, універсальність, неперервність, дешевизна, зручність обслуговування тощо.

Отже, особливістю обробки відходів непридатних пестицидів є необхідність підтримання високих температур процесу порівняно із знезараженням інших відходів. Так, наприклад, для знезараження твердих нехімічних відходів можуть бути використані димові гази з температурою 700-1100 °С, а для твердих хімічних відходів, в тому числі пестицидів, крім інтенсивного перемішування, температуру процесу необхідно підтримувати від 1000 до 1500 °С (в середньому 1200-1300°С) [167]. При цьому самі пестицидні препарати характеризуються переважно низькою термічною стійкістю (в околі 300-400°С), а продукти їх розпаду можуть бути більш стійкими і тому потребують значно вищих температур (більше 1000 °С).

Враховуючи це, нижче представлено результати дослідження фізико-хімічних характеристик термічної стійкості пестицидів, критичний огляд термічних способів знезараження відходів, дано технологічну та техніко-економічну оцінку можливих шляхів і схем ліквідації та переробки непридатних пестицидів.

Достатньо ефективними є і плазмові методи переробки НП та ПВВ, однак вони є досить вартісні та складні у технологічному і конструктивному виконанні, а також експлуатація таких комплексів вимагає висококваліфікований персонал.

При цьому термічний метод знезараження і ліквідації твердих відходів в залежності від умов режиму окислювально-відновних процесів, технологічного оформлення і складу одержуваних продуктів можна поділити на такі способи:

1. В камерних печах.
2. В багатополічкових печах.
3. В обертових барабанних печах.
4. В циклонних печах.
5. В печах із псевдозрідженим шаром.

4.3 Технологічний та техніко-економічний аналіз існуючих способів термічного розкладу та переробки непридатних пестицидів

Серед найбільш оптимальних і перспективних з точки зору технологій та економічних показників апаратів, схем та технологічних рішень по знезараженню

токсичних відходів вище виділені способи переробки з використанням обертових (роторних, барабанних) печей, печей із розпилюванням горючих відходів, печей киплячого шару, каталітичного окиснення, багатополічкових та багатокамерних печей [167]. Серед них особливо вирізняються обертові барабанні печі, бо вони вже використовуються у багатьох галузях переробної промисловості України, зокрема, на цементних заводах, підприємствах по виробництву окатишів, деяких металургійних та збагачувальних фабриках і підприємствах.

Отже, *Обертові печі* для знезараження відходів, як було зазначено вище, являють собою циліндричні корпуси, викладені вогнетривким матеріалом. Встановлюють їх під кутом до горизонту. Обертання печі приводить до перемішування відходів з киснем повітря, необхідним для горіння, забезпечує турбулізацію і струшування, що сприяє більш повному їх окисненню. В обертових печах можуть розпадатись і окислятись практично всі існуючі відходи, наприклад, полівінілхлорид, відходи поліхлорбіфенільного виробництва, нітрохлорбензолові смоли, відходи виробництва хлортолуолу, анілінового виробництва, виробництва алкілованих фенолів та інші.

Обертові печі призначені для роботи при температурах вище 1400°C, що є достатнім для розкладу токсичних сполук, зокрема пестицидів, які при нижчих температурах розкладаються з труднощами. Ці печі можуть працювати з мокрими скруберами і, якщо більша частина теплоти одержується при спалюванні додаткового палива, то відходи можна подавати на знезараження в піч без додаткової обробки (попередній нагрів, перемішування тощо). Якщо більша частина теплоти буде одержуватись при спалюванні відходів і якщо теплоти згорання різних відходів суттєво відрізняються, то необхідне більш інтенсивне їх перемішування, щоб позбутись теплового вибуху.

Крім цього, в обертових печах проходить безперервне вивантаження золи, яка не перешкоджає окисненню відходів. В той час, як вказувалось вище, капітальні вкладення в ці печі є високими, особливо якщо продуктивність переробки відходів є низькою.

Печі із розпилюванням відходів. Печі із розпилюванням горючих відходів являють собою універсальні установки з пристроями для розпилювання відходів, які можуть бути використані для знезараження практично будь-яких горючих речовин, оскільки пристрої розпилюють відходи перед спалюванням, то ефективне і повне згорання буде проходити лише тоді, коли відходи розпилюються і змішуються з газами, що містять кисень. Розпилювання відходів здійснюють різними сучасними пристроями: за допомогою обертових дисків, пневматичних форсунок, з використанням газів і парів. Атмосферні викиди нейтралізуються, як правило, системами доспалювання або за допомогою скрубєрів тощо [167].

Печі із розпилюванням горючих відходів знайшли широке застосування для термічного знезараження хімічних відходів. До найбільш типових хімічних відходів, які можуть бути знищені в таких термосистемах, відносяться – феноли, ціаніди, хімічні складові для хромвмісного покриття, барвники, розчинники, сполуки додецилмеркаптана, гексахлорциклопентадієн, фторвмісні гербіциди та інші.

Багатополичкові печі, як відзначалось вище, являють собою вертикальні циліндри, які складаються із футерованих корпусів (вогнетривкий матеріал) центрального обертового вала, кількох полицок, що являють собою камери згорання, низки скребків з патрубками для кожної полицки, пальників, системи виведення шлаку, системи подачі відходів. Шлам і (або) гранульовані тверді відходи подають через верхню кришку печі за допомогою гвинтового живильника або стрічкового транспортера. Обертовий пустотілий центральний вал, що охолоджується повітрям, забезпечує перемішування і переміщення відходів на полицках. При цьому частина відходів провалюється через отвори із камери в камеру, переміщуючись зверху вниз, а на дно печі вивантажується шлак. Відходи постійно переміщуються і розрихлюються, при цьому гарячі гази контактують із свіжими частинками відходів.

Однак технологія з використанням багатополичкових печей має обмежене застосування для переробки хімічних відходів і може бути застосована переважно для термічного знезараження, наприклад, осадів, перегонки ізофталевої і терефтал-

левої кислот, твердих залишків виробництва ароматичних амінів, осадів від виробництва полівінілхлориду. Тривалість перебування частинок в багатополічкових печах є більшою, ніж у будь-якій з існуючих. Ефективність горіння в такій печі достатньо висока, і в ній може бути випарувано велику кількість води із відходів. Через довготривале перебування частинок відходів в багатополічковій печі, температура, яка в ній досягається, як правило, недостатньо висока, а обслуговування досить дороге.

Багатокамерні печі мають переважно три зони: зону запалювання (або первинну зону горіння), камеру перемішування з тягою і вторинну камеру горіння. Тверді відходи подають в піч ручним або автоматичним способом через вхідний пристрій, що розташований в нижній частині камери запалювання. Тут відходи підсушуються, запалюються, переганяються і частково окислюються, перетворюючись в гази і аерозоль. Коли в піч завантажено багато відходів, то зона горіння речовин переміщується в напрямку до бункера шлаку. Кількість шлаку, яка залишає піч у вигляді аерозолю і кількість шлаку, що поступає в бункер залежить від співвідношення між потоками повітря (надполум'яного і підполум'яного).

Багатокамерні печі переважно застосовують для спалювання твердих відходів. Однак вони можуть виявитись практично непридатними для знезараження твердих хімічних відходів через недостатнє перемішування і недостатній температурний контроль. Цим способом сьогодні переробляють лише непридатні фенольні смоли, полівінілхлорид, гумові вироби.

Серед нових методів термічної обробки хімічних відходів можна відзначити способи, що ґрунтуються на процесах гідролізу, окислення, мікрохвильового плазмохімічного розкладу, спалювання з недостатньою кількістю кисню повітря, сумісної термічної переробки та ін. Однак, як свідчать результати аналізу сучасного стану використання якісно нових методів знезараження хімікатів, вони не одержали відповідного розвитку і використання порівняно з традиційними існуючими способами [167].

На основі проведеного технологічного і техніко-економічного аналізу фізико-хімічних характеристик найбільш поширених пестицидів, можливих схем та способів їх знезараження і переробки можна зробити такі висновки:

1. Практично всі відомі пестициди характеризуються низькою термічною стійкістю і високою реакційною здатністю, що свідчить про неможливість їх знезараження та переробки без нейтралізуючих компонентів.

2. Аналіз можливих схем переробки хімічно-небезпечних відходів та пестицидів показав, що із традиційних технологій найбільш ефективними можуть виявитись термічні способи.

3. Виявлено, що найбільш екологічно-безпечним є термічний шлях ліквідації та переробки непридатних пестицидів з використанням нейтралізуючих добавок.

4. З аналізу гідродинамічних та теплових режимів роботи існуючих апаратів для знезараження та переробки непридатних пестицидів доцільним є застосування барабанних обертових печей.

Протягом багатьох десятиріч термічний метод знешкодження отрутохімікатів, в тому числі і непридатних пестицидів вважається найдоступнішим. При цьому, вибір засобів термічного знешкодження варіюється від спалювання при високих температурах в спеціальних печах для знешкодження токсичних відходів до спалювання в печах цементного виробництва. Вартість такої ліквідації становить приблизно 7500 \$US за тонну.

Одним з головних питань використання методу термічного знешкодження непридатних пестицидів є визначення його екотоксикологічної безпеки для конкретних груп пестицидів, що характеризується значеннями гострої токсичності, рівнем захисного індексу відносно початкового значення, кількістю утворених відходів та специфічною картиною клінічної дії утворених продуктів знешкодження.

Для з'ясування можливого використання термічного методу знешкодження непридатних пестицидів в Україні були виконані екотоксикологічні, токсикологічні дослідження термічного методу знешкодження (спалювання при темпера-

турі 1100 °С) таких груп пестицидів: ФОС (вінілфосфату), гетероциклічних сполук (піридину, галоїд-похідного вуглеводню (дихлордифенілтрихлоретан – ДДТ). Основні результати цих досліджень наведені в табл. 4.1. За значеннями рівня захисного індексу утворена реакційна маса є більш безпечною у порівнянні з вихідними пестицидами – ФОС, гетероциклічними сполуками та ДДТ. Однак, утворені ГАС не відповідають вимогам, які ставляться до знешкодження токсикантів. Як за рівнем токсичності, визначеної у відповідності з ГОСТ 12.1.007-76, так і за показниками захисного індексу і клінічними проявами дії утворених ГАС, після обробки зберігаються основні напрямки екоотоксичної дії препаратів. Відносно ФОС та ДДТ клініка ураження від утворених газоподібних агресивних сполук (ГАС) була більш маніфестуючою, що виражалось у швидшому розвитку ознак ураження ЦНС (атаксія, тремор, синдром Штраубе тощо) та частішими випадками загибелі тварин. Враховуючи ту обставину, що коефіцієнт видової чутливості був 1, можна стверджувати про екстраполяцію отриманих на гризунах даних на вищий біологічний об'єкт – людину.

Таблиця 4.1 – Екоотоксикологічна характеристика термічного знешкодження пестицидів

Вид пестициду	Захисний індекс		Зміна кількості об'єму, дм ³ / кг		Специфічна симптоматика	
	Шлаки	ГАС	Шлаки	ГАС	Шлами	ГАС
Вініл фосфат	1,3	0,8	-37	+180	Відсут.	Виражена
Піридин	1,7	0,67	-48	+195	Відсут.	Виражена
Дихлордифенілтрихлоретан (ДДТ)	1,5	0,75	-46	+206	Відсут.	Дуже виражена

Встановлено, що за рівнем маси утвореного шлаку він суттєво менше відносно початкового значення мас. В той же час, приріст об'ємів ГАС був значним. Крім того, до складу ГАС, утвореного з використанням термічного методу, входять частки розміром від 0,3 до 3 мкм, при чому на долю часток 0,5-2 мкм приходить 60 відсотків концентрації викидів в атмосферу.

В табл.4.2 наведені основні показники оцінки екотоксикологічної обстановки за результатами модельного дослідження. Отже, проведені екотоксикологічні дослідження використання термічних методів знешкодження непридатних пестицидів переконують у їх недосконалості і суперечать міжнародним вимогам до знешкодження отруйних речовин, що укладені у Конвенції про заборону розробки, виробництва, накопичення та використання хімічної зброї та її знищення (1993 р.). Для України, яка знаходиться у центрі Європи і підлягає впливу переміщення великих об'ємів повітряних мас, масове використання спалення непридатних пестицидів має надзвичайно несприятливі умови, що можуть мати як екологічні, так і політичні і соціальні наслідки [167].

Таблиця 4.2 – Розрахункова оцінка екотоксикологічної обстановки можливих наслідків аварії при неконтрольованому виході токсикантів

	Вінілфосфат	Піридин	ДДТ	Аміак
Джерело екотоксикологічного ураження	Піроліз токсиканта відкритим способом з частковою відгонкою			Розгерметизовано
Вірогідна кількість токсиканту, тонн	10,0	10,0	10,0	10,0
Глибина зони забруднення, км	1,5	1,03	2,1	2,02
Загальна площа забруднення, км ²	0,09	0,03	0,06	0,8
Площа можливого вторинного джерела хімічного ураження, км ²	Можлива До 0,01	Можлива До 0,05	Можлива До 0,01	Немає
Можливі людські втрати, осіб	Віддалена (до року), 11	Віддалена (до року), 71	Віддалена (до року), 12	17
Можливі втрати свійських тварин, голів	До 36	До 23	До 39	До 56

	Вінілфосфат	Піридин	ДДТ	Аміак
Можливі втрати диких тварин, голів	До 45	До 29	До 49	До 70
Відсоток втрат рослинності у джерелі ураження	9,35	5,95	10,2	14,45

Тому при використанні термічного методу знешкодження непридатних пестицидів необхідно передбачити забезпечення високого очищення утворених ГАС та проведення комплексу токсикологічних, санітарно-гігієнічних досліджень, які б підтвердили екологічну безпеку знешкодження.

4.4 Дослідження низькотемпературної деструкції сірко- та фосфорвмісних пестицидних препаратів

Процес термічної деструкції непридатних до використання ПП диметоат (зразок 1), фозалона (зразок 2) і гліфосата (зразок 3) вивчали методом термогравіметричного аналізу на приладі TG A/DSCI “Mettler Toledo” при наступних умовах: швидкість нагріву 5°C/хв, нагрів здійснювали у діапазоні 30-400°C в потоці повітря з об’ємною витратою 20 см³/хв. Методом ІЧ-спектроскопії був досліджений склад вихідних ПП (зразки 1-3) та твердого залишку (зразки 4-9), відібраного на стадії втрати 50% маси вихідних зразків. Дослідження проводили на ІЧ-Фур’є спектрометрі Nexus фірми “Thermo Nicolet” в інтервалі частот 400-4000см⁻¹, а також ІЧ-Фур’є спектрометрі фірми “Bruker”.

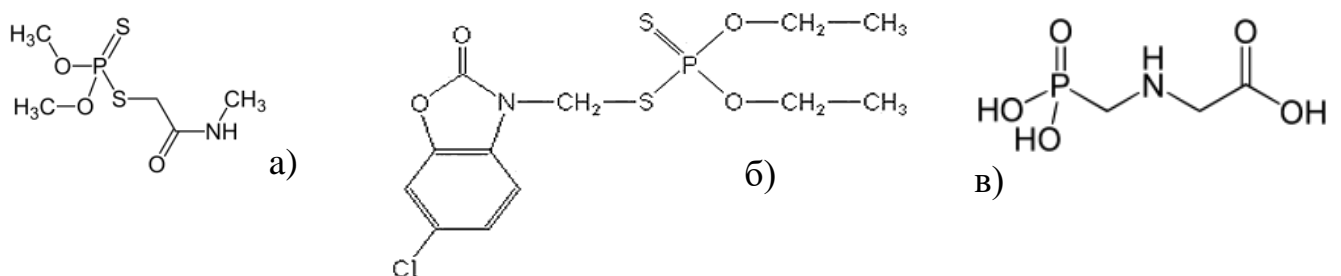


Рисунок 4.6 – Структурні формули пестицидів використаних в досліді:
а) диметоат (зр.№1); б) фозолон (зр.№2); в) гліфосат (зр.№ 3).

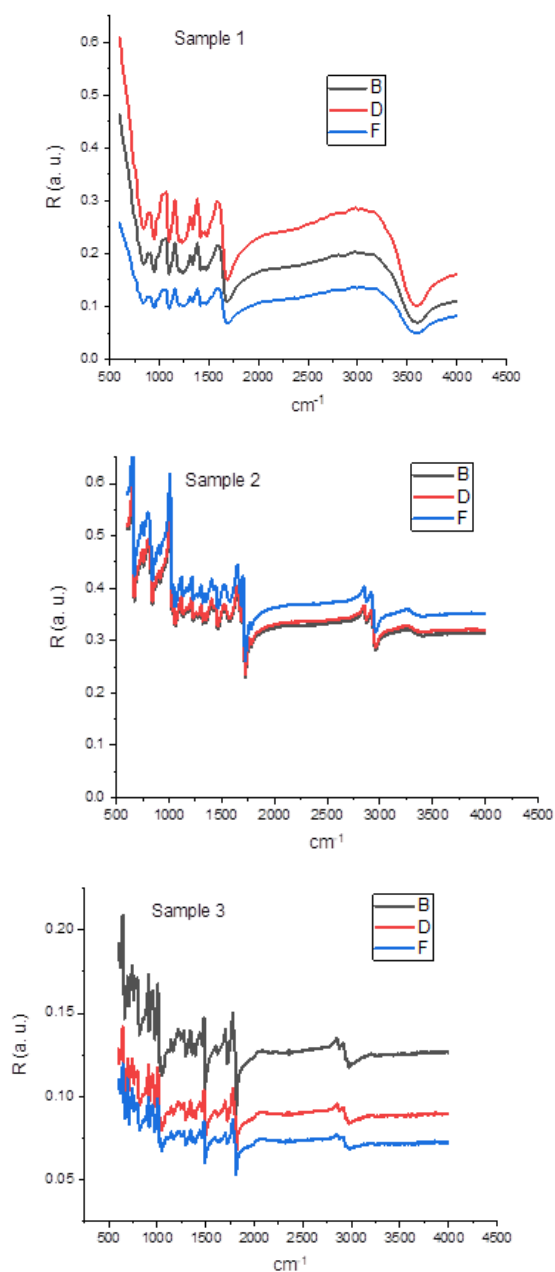


Рисунок 4.7 – Спектрограми вихідних зразків пестицидів
 1. диметоат; 2. фозолон; 3. гліфосат

Згідно даних термогравіметричних досліджень при втраті маси 50% зразки 1-3 являють собою чорні твердо фазні порошки, що однозначно свідчить про повну термічну деструкцію діючих речовин досліджуваних ПП. Вочевидь, термічний розрив зв'язків/деструкція проходить по хімічним зв'язкам, які мають мінімальну енергію дисоціації [233] з утворенням різних модифікацій пірокарбону та полімерних продуктів конденсації залишків діючих речовин ПП. Процес деструкції дещо ускладнюється за наявності кисню повітря. Адже в таких умовах крім деструктивних процесів можуть паралельно відбуватися процеси окиснення карбону, сульфору, нітрогену та фосфору з утворенням відповідних оксидів в різних ступенях окиснення.

Вочевидь, при промисловому впровадженні низькотемпературного термоокислювального методу необхідно передбачити пропускання вищезначених

газових оксидів через лужний розчин для їх нейтралізації.

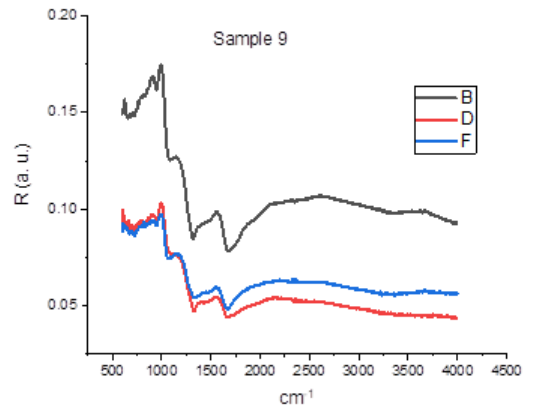
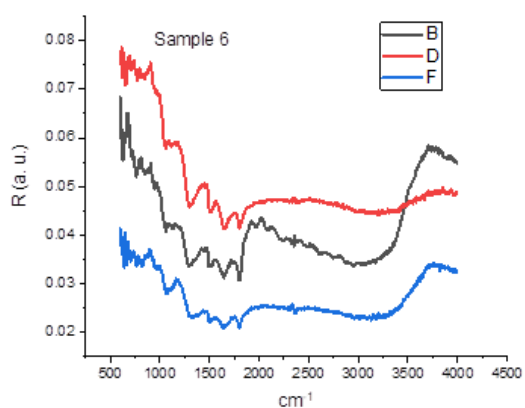
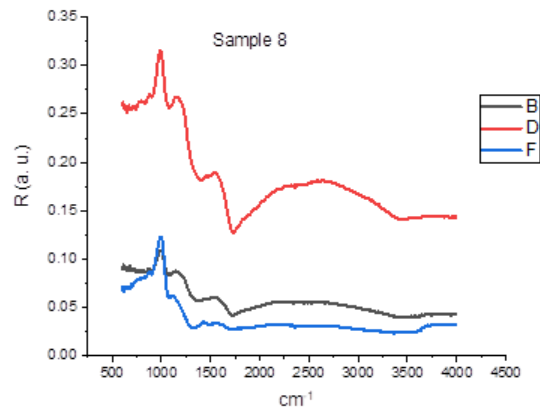
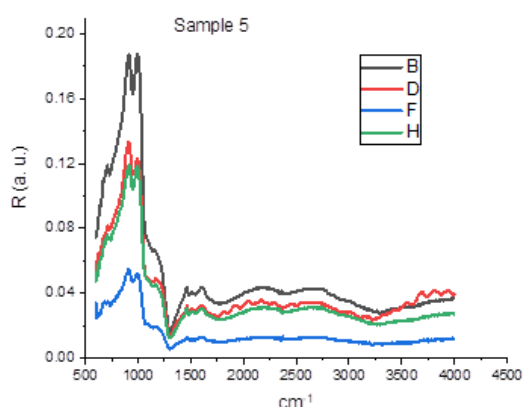
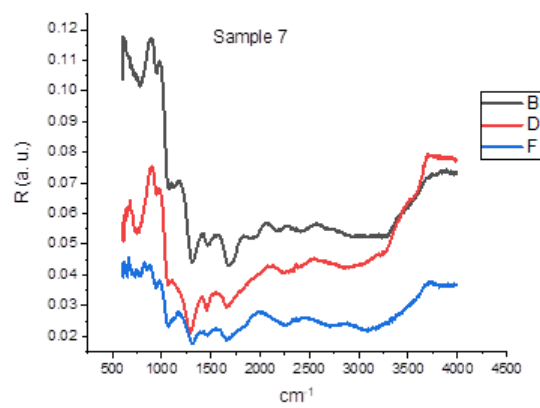
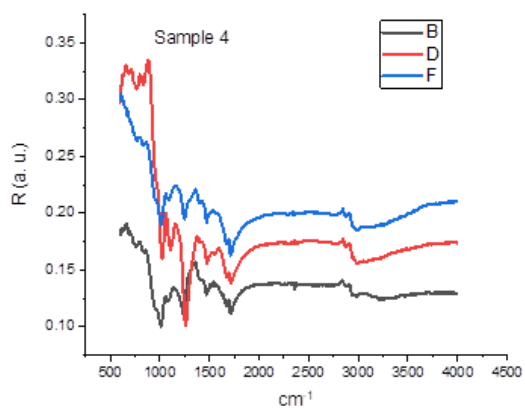


Рисунок 4.8 – Спектрограми зразків отриманих при 300°C:

4. диметоат; 5. фозолон; 6. гліфосат

Рисунок 4.9 – Спектрограми зразків отриманих при 400°C:

7. диметоат; 8. фозолон; 9. гліфосат

Проходження деструктивних змін в зразках 1-3 досліджували ІЧ-спектроскопією. Так, вихідний диметоат (зразок 1) має характеристичні частоти (ν , cm^{-1}): $-\text{C}(=\text{O})\text{NHCH}_3$, 3360-3420 (розмита смуга, вільні коливання) або 3330-

3180 (асоційовані коливання); $\text{CH}_3\text{OP}-$, 840cm^{-1} , $\text{P}=\text{S}$, 750 cm^{-1} , тоді як продукти його термічної деструкції зразок 4 (300°C) та зразок 7 (400°C) мають суттєві відмінності.

Для зразка 4 вони були більш характерні, ніж для зразка 7, що свідчить про зазначену деструкцію досліджених ПП. Враховуючи суттєве зменшення інтенсивності поглинань зразків 4,7, можна стверджувати про відсутність метилкарбамідного фрагменту в областях $3420\text{-}3180\text{ cm}^{-1}$, а також утворення можливих полімерних структур фрагменту $\text{P}=\text{S}$, які поглинають в області $850\text{-}900\text{ cm}^{-1}$. Для препаративного гліфосату (зразок 3) характерні частоти (ν , cm^{-1}): $-\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{OH}$, 1760cm^{-1} ; N-H , 1562 cm^{-1} ; $-\text{OH}$ (вільна), 3550 cm^{-1} ; $\text{P}=\text{O}$, $1350\text{-}1175$ (асоційована).

Після деструкції зразок №6 (300°C) та зразок №9 (400°C) значно різняться від вихідних ПП до деструкції, особливо це характерно для зразка №9. Безумовно, відбувається декарбоксілювання карбоксильної групи з виділенням оксиду карбону (IV) та утворенням полімерних структур фосфору в області $1600\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$.

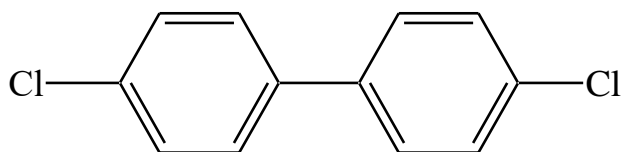


Рисунок 4.10 а – Структура поліхлорованих ароматичних біфенілів

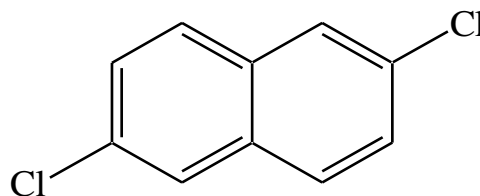


Рисунок 4.10 б – Структура конденсованих структур

Деструкція фозалону знаходиться дещо окремо від ПП, які були представлені зразками №1 та №3. Структура фозалону включає не стійкий до нагрівання гетероциклічний фрагмент, який після термодеструкції утворює високотоксичні хлорароматичні фрагменти, які рекомбінуються у поліхлоровані і ароматичні біфеніли (рис. 4.10 а): , або конденсовані структури (рис 4.10 б):, що включає можливість практичного використання такого методу знешкодження. У цьому випадку краще використовувати реагентні методи [233].

Основними характеристичними поглинаннями/частотами фозалону є: $-\text{OC}_2\text{H}_5$, $1170\text{-}1140\text{ cm}^{-1}$, а також $\text{P}=\text{S}$, 840 cm^{-1} , а у випадку, наприклад, зразка №8 основний пік превалює на 970 cm^{-1} .

В результаті експериментальних досліджень низькотемпературної деструкції пестицидів можна зробити такі висновки:

1. Досліджено знешкодження деяких непридатних до використання ПП шляхом їх термоокислювального розкладання з використанням ІЧ-Фур'є спектроскопії високої роздільної здатності.

2. Встановлено, що в інтервалі температур 300-400°C досліджені препаративні форми підлягають повній термічній деструкції діючих речовин з утворенням різних модифікацій пірокарбону та полімерних залишків органічних діючих речовин. При цьому механізм термодеструкції вихідних зразків 1 і 3, мабуть, буде подібним, тоді як у випадку зразка 2, є велика вірогідність утворення високотоксичних поліхлорованих біфенілів.

3. Отримані результати з використанням низькотемпературного термоокислювального методу (зразки 1,3) можуть бути використані і для знешкодження інших пестицидних препаратів, що мають у своєму складі подібні діючі речовини: РаундапФлекс (діюча речовина гліфосат, 480 г/л), Гліпрофі (д.р. гліфосат 360 г/л) тощо.

4. Проведені дослідження визначають лише загальну оцінку термоокислювальної поведінки великої кількості непридатних ПП, тоді як повна оцінка такого методу знешкодження ПП може бути зроблена лише при проведенні досліджень по конкретному технологічному обладнанні з встановленням оптимальних технологічних параметрів процесу.

Отже, встановлено, що у окремих випадках замість енергозатратних високотемпературних методів можливе застосування відносно низькотемпературних (в околі 300-400°C) методів знешкодження ПП.

4.5 Дослідження параметрів скорочення емісії діоксинів при термічному знезараженні пестицидів та пестицидвмісних відходів

Як відомо, під час термічного розкладання пестицидних препаратів виділяються у навколишнє середовище вкрай токсичні сполуки і речовини, у першу чергу, в атмосферне повітря. Тому оптимальними параметрами термічної деструкції

отрутохімікатів є: 1) температура не нижче 1100-1250 °С; 2) перебування димових газів в допалювачі не менше 1 с; 3) необхідне інтенсивне перемішування та змішування відходів з окисником при надлишку кисню в зоні горіння не менше 5%.

Нами у попередньому підрозділі встановлено, що за температур 250-450°С відбувається початковий синтез діоксинів за наявності в димових газах продуктів неповного згорання і часток золи. Тому найбільш ефективним методом придушення появи діоксинів (фуранів і т.п.) є швидке охолодження (загартування) димових газів. При цьому встановлено [56,57], що спільне спалювання хлор- і сірковмісних відходів суттєво сприяє зменшенню кількості діоксинів та діоксиноподібних сполук, а також повинне дотримуватися оптимальне співвідношення $Ca/Cl \geq 4$. Тобто введення в зону горіння вапна забезпечує зв'язування HCl і Cl, наприклад, до $CaCl_2$. Емісія діоксинів також скорочується при введенні аміаку, сечовини, триетиламіну, як присадок селективного відновлення оксидів азоту при $t=700-1000^\circ C$. Нами також встановлено, що в зоні низьких температур, зокрема 250-450°С, саме залишки відновників інгібують процес «нового» синтезу діоксинів.

Уловлювання діоксинів в димових газах сорбентами типу коксівне вугілля, активоване вугілля з їх питомою поверхнею не менше $275 \text{ м}^2/\text{м}^3$ вапна на рівні 70 мг коксу/ м^3 і 170 мг $Ca(OH)_2/\text{м}^3$. Також досить ефективно можна здійснювати процес нейтралізації діоксинів в установках термokatалітичного відновлення селективним відновником [167]. При цьому встановлено, що з ростом температури вихідних (вихлопних) газів підвищується повнота знешкодження токсичних відходів. Експериментально встановлено, що обрана сукупність способів пониження емісії діоксиноподібних сполук у НС дає можливість здійснювати термоокислювальне знешкодження НП та ПВВ за таких оптимальних умов:

- температури газів у камері доспалювання не нижче 1150 °С;
- вміст кисню у відхідних газах в межах 6%;
- час перебування вихлопних газів у камері доспалювання не менше 3-3,5 с;

- час охолодження відхідних газів з температури 1150 до 200 °С актив менше 3с;
- надлишок вапна (CaO) не нижче 2,5 над масою діючої речовини ПП.

Такі технологічні параметри горіння ПП у печах дозволять забезпечити екологічні та санітарно-епідеміологічні показники на рівні гранично допустимих. В такому разі термічні методи є доволі економічно і екологічно виправданими. Однак, якщо їх досягнути не вдається, тоді необхідно застосовувати інші альтернативні методи і способи знешкодження отрутохімікатів, реагентні, зокрема, на основі їх лужного гідролізу.

4.6 Аналіз квантово-хімічних розрахунків перебігу лужного гідролізу при знешкодженні фосфорвмісних пестицидів

В Україні з кожним роком накопичується значна кількість високотоксичних промислових органічних відходів, до складу яких відносяться, у тому числі і непридатні до використання та заборонені до застосування пестицидні препарати (у нашій державі їх ще й досі нараховується близько 18 тис. тонн). Нами, враховуючи дефіцит органічної сировини в Україні, запропонована альтернативна термічному знешкодженню технологія реагентної переробки фосфорвмісних пестицидів (ФОП) із збереженням хімічної структури модифікованих діючих речовин та їх послідуєчим корисним застосуванням [9]. В попередніх роботах [166] нами було досліджено повний лужний гідроліз пестициду Диметоат, який здійснюється у 9 стадій. Підтвердженням правильності запропонованої схеми є якісне ідентифікування кінцевих продуктів, якими є Na_3PO_4 , Na_2CO_3 , Na_2S , CH_3OH для випадку, наприклад, Диметоату.

I БЛОК – підготовка вихідних компонентів

II БЛОК – основний процес

III БЛОК – декантація і розділення

IV БЛОК – сушіння і поділу

V БЛОК – приймання готового продукту

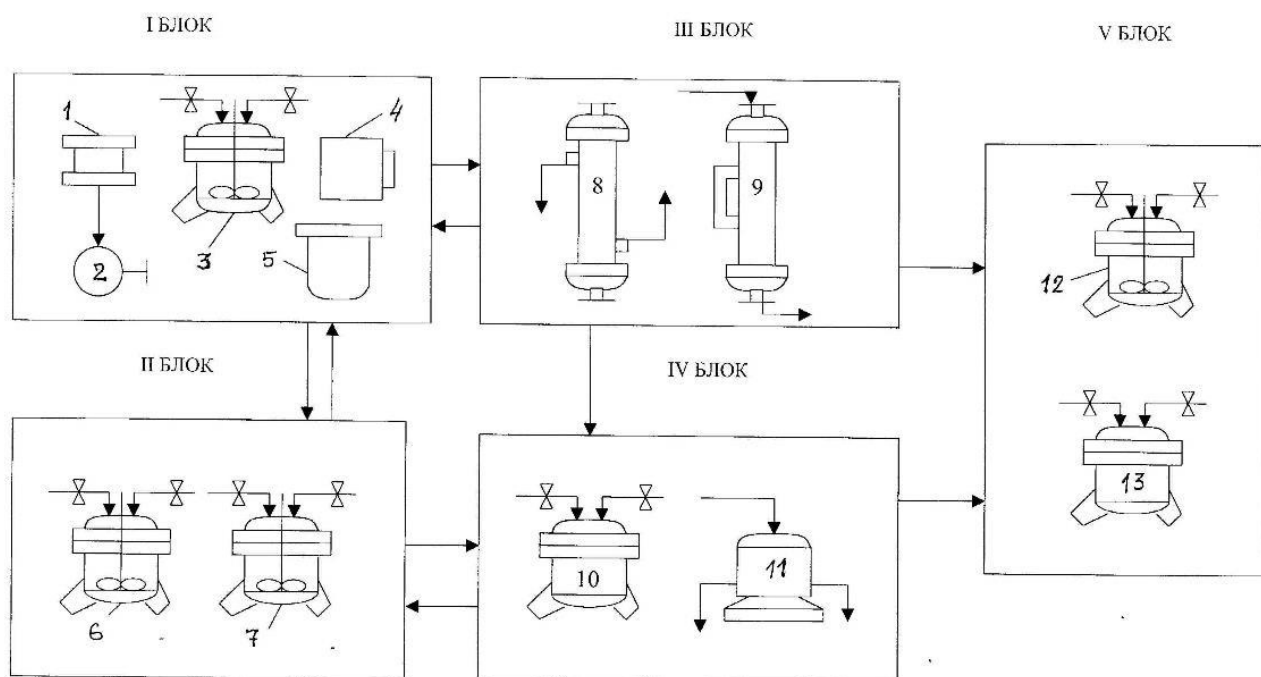


Рисунок 4.11 – Блочно-модульна технологічна схема реагентної переробки хлорвмісних, сірковмісних та фосфорвмісних пестицидних препаратів на основі їх лужного гідролізу: 1 – ємність для пестициду; 2 – відцентровий насос; 3 – апарат для розчинення луку; 4, 5 – лічильники води і луку; 6 – реактор декарбосилування; 7 – додатковий реактор; 8 – конденсатор; 9 – ємності для поділу рідини; 10 – ємності для хлороформу; 11 – нутч-фільтр; 12, 13 – випарні апарати. При цьому:

При цьому нами сформульований принцип поводження з НП та ПВВ та вибору оптимального методу їх знешкодження. Отже, якщо НПП складається переважно з наповнювача (тальк, вапно, сажа, органічні розчинники, вода, аміак тощо), тобто діючої речовини менше 50 %, то така суміш потрапляє до термічного знешкодження. Якщо діючої речовини у ПП більше 50 %, то таку суміш доцільно знешкоджувати з допомогою реагентних методів, зокрема, лужного гідролізу з отриманням цінних вторинних продуктів, переважно неорганічних та малотоксичних.

В процесі експериментальних досліджень якісними та кількісними реакціями нами було доведено хімічний склад кінцевих сполук лужного гідролізу, проте

проміжні стадії перебігу реакції не досліджувались, оскільки гідроліз проходить одночасно в декілька стадій, а не по чергово. Виділення проміжних сполук не входило в задачі дослідження. Проте вивчення механізму перебігу такої реакції може мати важливі наукові результати та відкрити нові атомно-молекулярні ефекти.

Об'єктами квантово-хімічного дослідження були пестициди Диметоат та Золон. Їх структурні формули наведені на рис 4.12 та 4.13. Ці пестициди відносяться до групи фосфорвмісних органічних сполук (ФОС). Всі ПП ФОС мають схожу структуру [4] і тому у значній мірі мають схожий (чи однаковий) механізм гідролізу.

Для моделювання квантово-хімічних структур використовували програмний пакет ChemBioOffice Ultra 2010 v12, який містить у своєму складі розрахункові пакети Gamess, Jaguar, Морас та окремо виділені алгоритми MMFF94, MM2 і метод Хюккеля. Програмний пакет Gamess може розраховувати квантово-хімічні властивості молекул за основними методами RHF, UHF, ROHF, AM1, PM3 та ін. Як правило, аббревіатури перерахованих методів названі ім'ям розробників методу. Найбільш розроблені та точні неемпіричні з них на сьогодні - це методи Хартрі-Фока (HF), Харріса (програма Gaussian), Ловдіна-Мілікейна (LM), Міллер-Плессе (PM), Хюккеля (Hukkel) тощо.

При цьому основними властивостями молекул пестицидів, які досліджувались за допомогою квантово-хімічних розрахунків, були довжини зв'язків та заряди на атомах молекули. За цими показниками можна визначати найбільш уразливі зв'язки, які при лужному гідролізі будуть розриватись в першу чергу. Лужний гідроліз проводять за допомогою водного розчину лугу, в якому активний гідроксильний компонент з від'ємним зарядом атакує атоми молекули, що мають позитивний заряд.

Таким чином, за допомогою програм по квантово-хімічним розрахункам можна розрахувати можливі значення відповідних зарядів на атомах. В програмному пакеті ChemBioOffice можна проводити розрахунки різними алгоритмами та методами. Нами обрано метод RHF/3-21G. Це неемпіричний метод Хартрі-Фока з базисом 3-21G. Він має переваги перед іншими методами і є більш універсальний [1, 80, 72, 167-174].

Відтак, розраховані заряди на атомах та довжини зв'язків для молекул Диметоату та Золону занесено до таблиці В.1 і В.2 (додаток В). Проте у таблицях не наведено заряди на атомах гідрогену та довжину його зв'язку з сусіднім атомом, оскільки їх розрив є малоймовірним, на що вказують і значення зарядів.

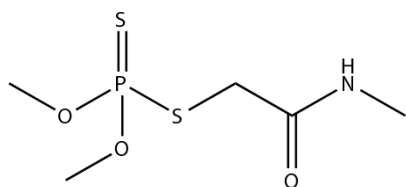


Рисунок 4.12 – Структура зв'язків молекули Диметоату

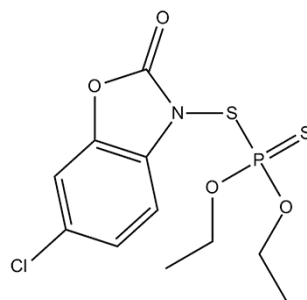
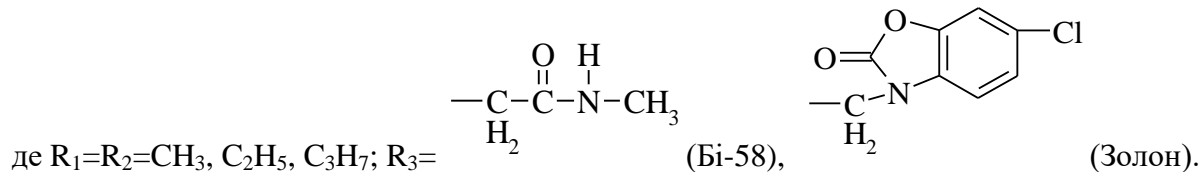
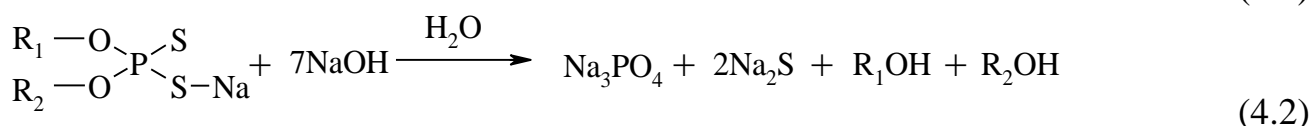
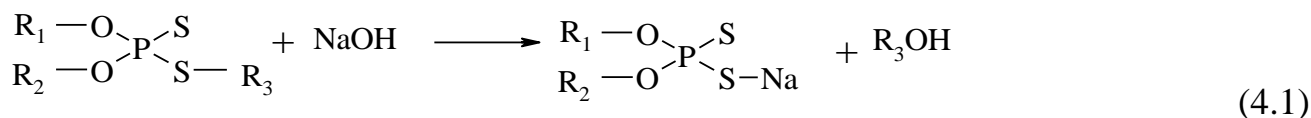


Рисунок 4.13 – Структура зв'язків молекули Золону

Нами раніше було здійснено повний гідроліз деяких фосфорвмісних пестицидів [1,166] за загальною схемою 1-2:



Найбільш імовірним варіантом гідролізу можуть бути зв'язки 1 та 2 у формулі 4.4. Вони мають близькі за значеннями довжини: 1.82 Å та 1.46 Å.

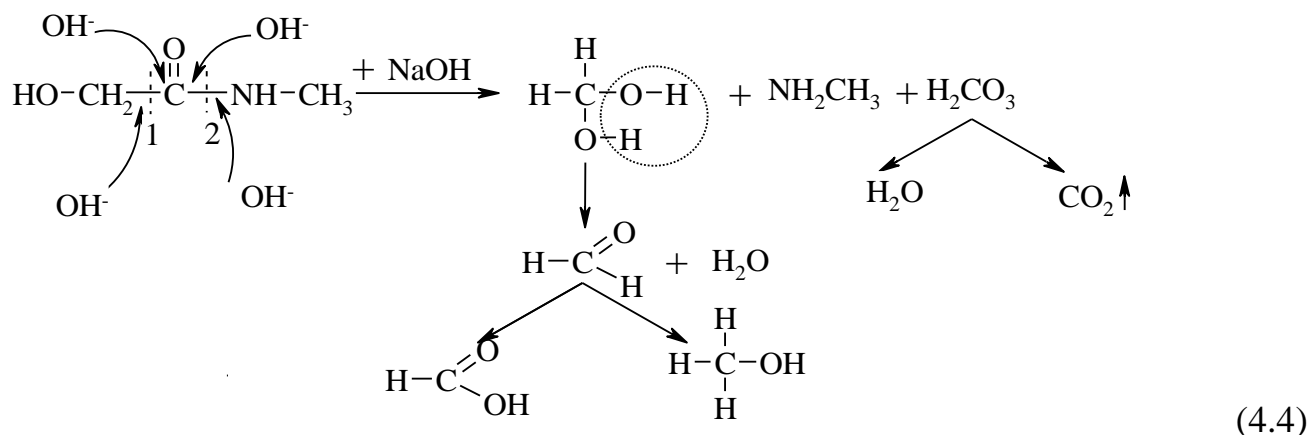
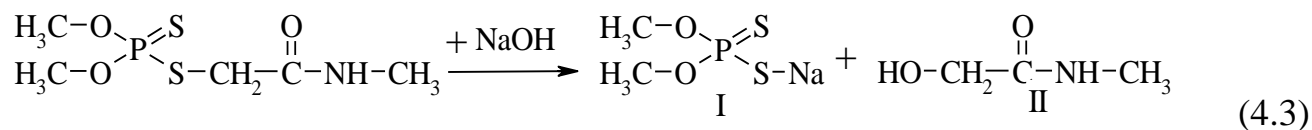
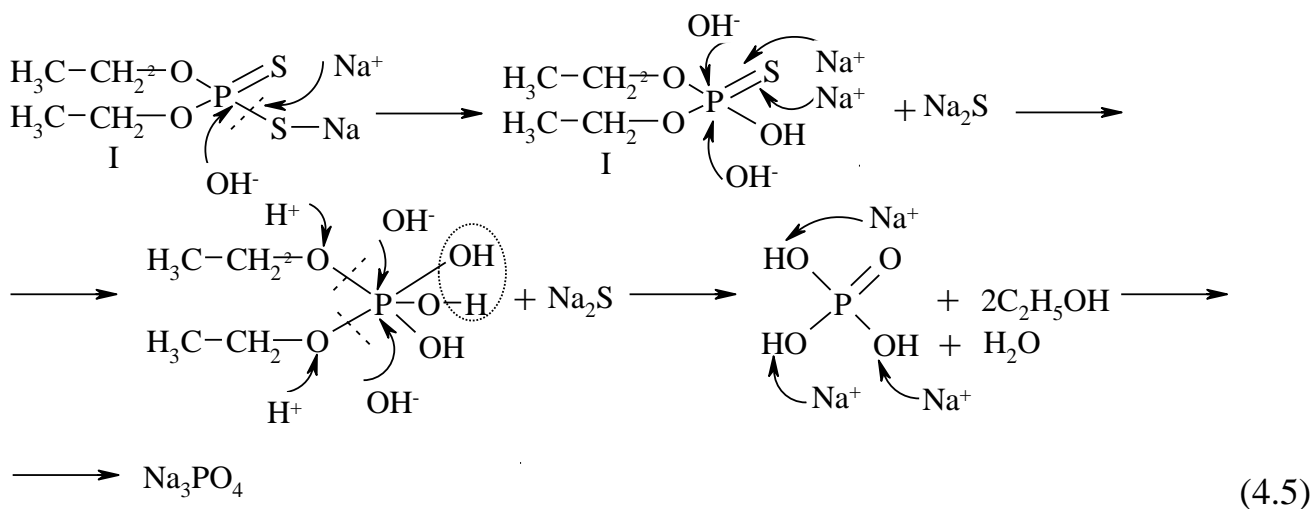
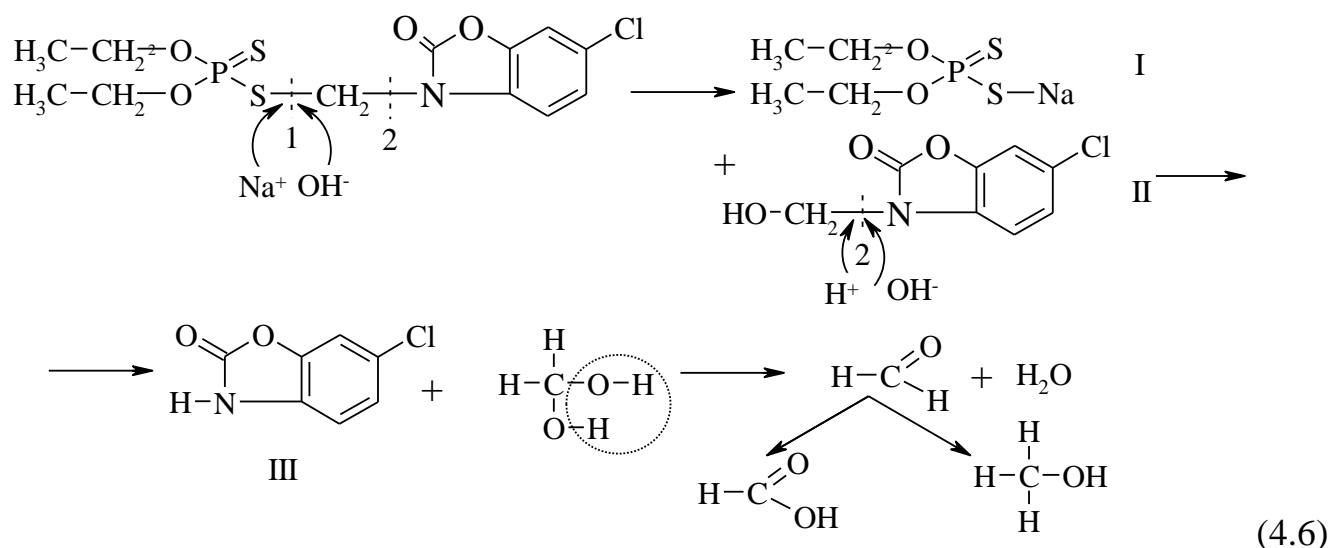


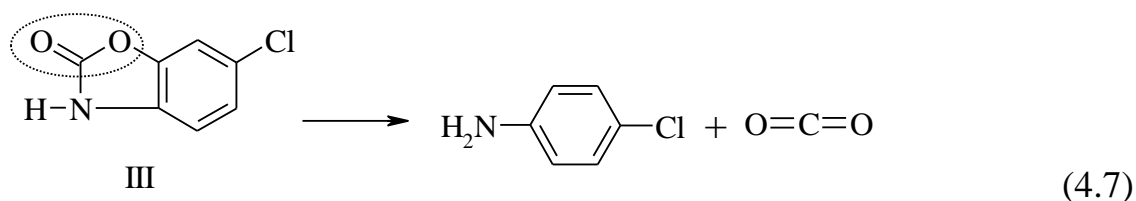
Схема перетворення натрієвої солі диалкілдитіофосфатної кислоти (I) з утворенням ортофосфату:



Конкретна схема проходження повного лужного гідролізу для ПП Золон наведена на прикладах рівнянь таких хімічних перетворень:



При цьому за допомогою методу газової хроматографії було підтверджено утворення метилового спирту (рис.4.17).



Також хроматографічним методом було підтверджено утворення похідної хлораніліну.

Хроматографічні дослідження проводились нами в Інституті медицини праці Академії медичних наук України на газовому хроматографі типу «Кристалюкс 4000» з використанням полум'яно-іонізаційного детектора. При цьому за допомогою методу газової хроматографії було підтверджено утворення етилового та метилового спирту.

Приклад проходження наведеної вище реакції підтверджує задовільну відповідність загальної схеми лужного гідролізу.

В результаті проведених досліджень було встановлено повний механізм перебігу реакції гідролізу для ПП Золон та ПП Бі-58 (Диметоат). При цьому виявлено, крім зазначених вище спиртів та інших продуктів лужного гідролізу, утворення додаткової сполуки – мурашиної кислоти.

Отже, здійснення квантово-хімічних розрахунків складних хімічних реакцій дозволяє суттєво зменшити час та ресурси на дослідження процесу перебігу реак-

цій та утворення кінцевих сполук. При цьому метод Хартрі-Фока з базисом 3-21G, що вбудований в програмний продукт ChemBioOffice Ultra, дозволяє автоматизувати розрахунки зарядів на атомах у складних органічних молекулах та розраховувати довжини міжатомних зв'язків, що дозволяє виявляти найбільш уразливі місця лужного гідролізу хімічних сполук та оптимізувати його перебіг.

4.7 Техніко економічний аналіз мобільних систем термохімічного та плазмохімічного знешкодження НП та ПВВ

4.7.1 Пересувний плазмотермічний комплекс для переробки непридатних і неідентифікованих пестицидів та інших отрутохімікатів

Наразі існує безліч прикладів вдалої промислової реалізації методу плазмотермічної переробки великого переліку токсичних відходів, які переробляються мобільними установками в різні країнах, зокрема:

- EA TECHNOLOGY (Англія): етандіол, тріхлорметан, бензол-алкоголь, дихлорбензол, відходи перегонки нафти, поліхлоровані біфеніли (ПХБ);
- Alberta Center (Канада): 1 - ацетон, бензин, метил-етілекетони, спеціальні розчинники; 2 - хлороформ, діхлорметан, тетрахлорид вуглецю і ПХБ;
- PLASCON (Лівертон, Австралія): толуол і хлорфенол з токсичними добавками і 2,4-Д-бутиловий ефір;
- SOLVAY (Німеччина): хлорфторвуглецеві фреони;
- E.S.T. Ltd. (Беер-Шева, Ізраїль): хлористий метилен, поліхлоровані вуглеці і вуглеводні (C - 60%, C1 - 30%);
- Інститут тепломасообміну НАН Білорусі (Мінськ, Білорусь) і ТВШ Мерзебург (Німеччина): хлористий метилен, трн-хлоретилен ($C_2H_3Cl_3$), спирто-бензосуміші (з добавками каніфолі);
- Integrated Environmental Technologies, LLC (PEM - Plasma Enhanced Melter): ПХБ, пластик, медико-біологічні відходи;
- WESTINGHOUSE (США): переробка CCl_4 в суміші з метилетилкетонем, етанолом і водою, багатохлористі дифеніли, ступінь розкладу дифенілів - 99,99%.

Небезпечних токсичних речовин (діоксинів, дибензофуранів) в газах не спостерігалось;

– PLASMOX (Швейцарія, Німеччина): переробка бойових отруйних речовин.

Пересувний плазмовий комплекс, далі “ППК ” [175] (один із прикладів наведено на рис. 4.14), призначений для утилізації (переробки) непридатних і невпізнаних пестицидів та інших отрутохімікатів, розташованих у різних місцях, у тому числі на старих польових складах, у зруйнованих приміщеннях та інших місцях, звідки їх транспортування небезпечно для здоров'я людей. Планова продуктивність комплексу складає понад 1000 т/рік.

ППК складається із декількох вантажних автомобілів і причепів з розміщеним на них обладнанням, запасами палива, технічної води, видаткових матеріалів і кунгом для відпочинку вільного від вахти персоналу. При цьому дизель-генератор подає енергію на комплект електрообладнання, що включає силові перетворювачі, блоки підпалу й апаратуру керування процесом. Основний елемент комплексу – реактор ПВРЗТ із установленими на ньому плазмотронами, здійснює термічне розкладання будь-яких отруйних речовин, що знаходяться як у рідкому, твердому, газоподібному стані, так і у вигляді паст, гелів, аерозолів, що подаються в реактор за допомогою системи завантаження.

При цьому продукти розкладання отруйних речовин в атомарному вигляді разом з частками піровуглецю надходять через комплект з'єднувальних трубопроводів у циклон і рукавний фільтр, потім проходять через колону адсорбції, заповнену вапняком, де відбувається утворення нешкідливих чи корисних для життєдіяльності людини речовин, наприклад, хлорного вапна [167].

Далі в установці газоподібна фракція відкачується димосмоком, а нетоксичні речовини по завершенні циклу переробки одиничної партії отрутохімікатів видаляються за допомогою системи вивантаження. Керування роботою комплексу позмінно здійснює персонал, що складається з водіїв автомобілів (за сумісництвом) і операторів плазмової установки, розташованих у кунгі.

На всіх етапах переробки використовується переважно автоматика, а, тому запропонований процес має високу гнучкість і без великих витрат може бути переналаштований під будь-який інший отрутохімікат, що переробляється .

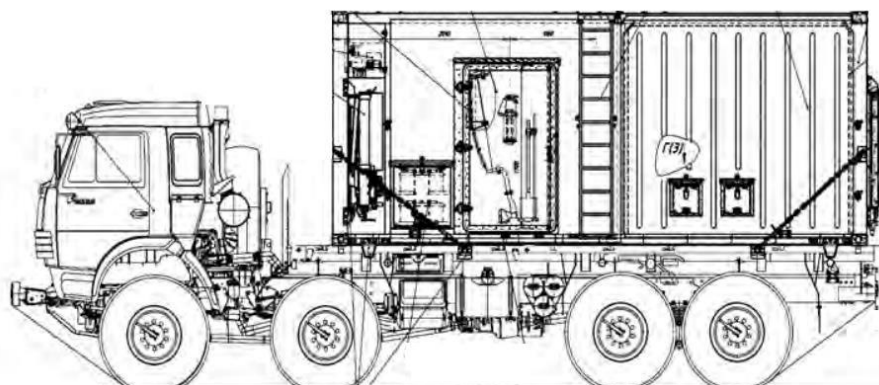


Рисунок 4.14 – Зображення пересувного плазмового комплексу для переробки непридатних і невпізнаних пестицидів та отрутохімікатів на базі автомобіля.

4.7.2 Пересувна установка спалювання та реагентної переробки промислових та побутових відходів, у тому числі токсичних та радіоактивних

В Україні є декілька вдалих прикладів виготовлення і випробування мобільної установки спалювання промислових і побутових відходів, у тому числі небезпечних. Техніко-технологічні рішення, відповідний проект і технічне завдання на створення такого комплексу було здійснено і нами (науковцями ВНТУ спільно з ДХТУ) у кінці 90-х на початку 2000-х років. Однак, фінансово-економічні, організаційні обставини того кризового для держави періоду її становлення не дозволили реалізувати даний проект. Відтак, він передбачав продуктивність, щонайменше 500 кг/год, коефіцієнт очищення димових газів по аерозолям (у тому числі і радіоактивним) в межах 10^{-5} - 10^{-6} .

Установка призначена для спалювання органічних відходів, мастил, кори дерев, гуми, соломи, будматеріалів з деревини, відходів деревообробного виробництва, картону, паперу, промасленого ганчір'я і т.п. у місцях їх тимчасового зберігання.

Пропонована пересувна установка спалювання являє собою комплекс взаємозв'язаного обладнання, змонтованого на стандартній автоплатформі – пересув-

ному модулі. Установка виконана в автономному варіанті. Охолоджуючий агент – атмосферне повітря. Апарати повітряного охолодження димових газів монтують на автоплатформі. На основній автоплатформі розташовано вузол спалювання відходів, вузол рекуперації, система газоочищення (СГО) і вузол керування і контролю.

Центральний вузол модуля – піч спалювання відходів. Аналіз як вітчизняної, так і закордонної науково-технічної і патентної літератури показав, що як топковий пристрій в установках спалювання ТРОО використовують одно- і двокамерні печі, що працюють на газоподібному чи рідкому паливі, або обертові барабанні печі.

Найбільше поширення одержали двокамерні печі, у яких застосування піролізу на першій стадії спалювання при температурі 400 – 600 °С дозволяє одержати майже весь зольний залишок у першій камері, різко зменшує віднесення золи з димовими газами. Це призводить до збільшення габаритів вузла спалювання, що утрудняє практичну реалізацію їх як пересувних установок. Для цього була розроблена конструкція шарової циклонної печі, що складається з двох зон (спалювання і доспалювання), об'єднаних в одному корпусі. Корпус печі має циліндричну форму, виконаний з нержавіючої сталі і всередині футерований легким жаростійким матеріалом. Температура в зоні спалювання 900 – 1000 °С, у зоні доспалювання 1000 – 1200 °С. Завантаження печі здійснюють через каскадно-лотковий рукав плавних контурів. Використання такого пристрою дозволяє безупинно подавати відходи на колосники печі в міру їх згорання. Також можна використовувати спеціальний шлюз. У нижній частині обох зон є поворотні колосникові ґрати провального типу, з'єднані з вузлом золовидалення. Вузол обладнаний двома шнековими механізмами з електроприводами, що дозволяють виводити золу за габарити печі і вивантажувати її в контейнери для наступного відправлення на іммобілізацію. Обидві зони печі обладнані форсунками подачі рідкого палива на розпал печі і підтримку в ній заданої температури. Система подачі повітря на горіння включає вентилятор, повітророзподільник і повітроводи із шиберами. Для

забезпечення рівномірного горіння подачу повітря в піч здійснюють позонно. Повітря на допал у піч подають через орієнтовані сопла, що дозволяє збільшити час контакту виносних із зони спалювання часток і зменшити віднесення золи з вихідними димовими газами.

Температура горіння при цьому навіть для відходів з вологістю 50 – 70% складає близько 1100°C, що цілком достатньо для ефективного процесу горіння ТОРО, включаючи смолисті речовини.

При розрахунку топкового простору теплонапряга топки дорівнює 300×10^3 ккал/(м³ годину). Це дозволило при коефіцієнті надлишку повітря на горіння 1,3 – 1,5 забезпечити необхідні газодинамічні умови в топці, повністю використовувати її робочий простір, уникнути застійних зон, знизити швидкості потоків газів і зменшити винесення золи.

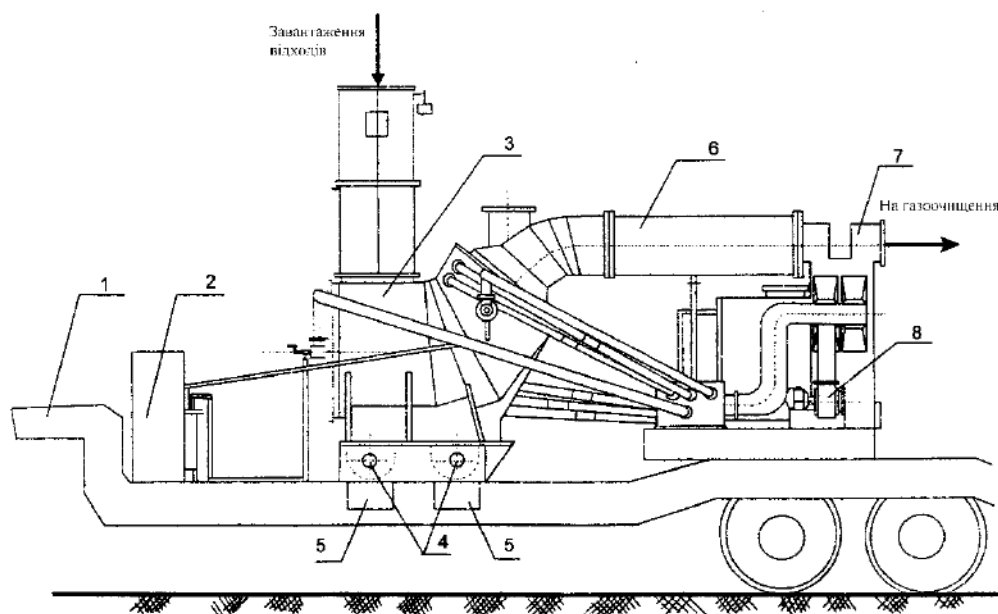


Рисунок 4.15 – Піч спалювання відходів на причепі мобільної установки [167]:

1 – трейлер; 2 – щит керування; 3 – піч; 4 – вивантаження золи; 5 – контейнер золи; 6 – газохід; 7 – рекуператор; 8 – вентилятор піддуву

Система газоочищення мобільної установки спалювання відходів включає два основних ступені: ступінь попереднього очищення димових газів, що склада-

ється з циклона і регенеруючого металотканинного фільтра і ступінь остаточного очищення газу – вискоєфективний скловолокнистий аерозольний фільтр.

У процесі спалювання відходів димових газів, що утворюються, попередньо охолоджують у рекуператорі, потім вони проходять циклон, у якому видаляються грубодисперсні частки аерозолів (понад 5 мкм). Подальше очищення димових газів від дрібних часток аерозолів (близько 1 мкм) відбувається в регенеруючому металотканинному фільтрі. Після досягнення певного аеродинамічного опору роблять регенерацію металотканинного фільтра за допомогою електромагнітного ударного пристрою. Накопичений на фільтр-елементі пил скидають у збірник пилу. Остаточне очищення димових газів від аерозолів здійснюють за допомогою вискоєфективного скловолоконного фільтра. Відпрацьований фільтр піддають регенерації шляхом промивання його розчином або поміщають у контейнер і направляють на захоронення. Накопичений в збірниках пил (попіл) з циклона і металотканинного фільтра направляють на цементування і наступне захоронення.



Рисунок 4.16 – Приклад реалізації пересувної установки термічної і реагентної переробки пестицидів у Полтавській області.

В даний час пересувний мобільний комплекс для переробки відходів (рис. 4.16) проходить етап випробування та сертифікації.

4.8 Висновки до розділу 4

1. Здійснено наукове обґрунтування оптимальних методів і засобів утилізації, переробки та знешкодження НП та ПВВ. Обґрунтовано переваги термічних та реагентних методів знешкодження ПП, зокрема, з використанням різних видів печей.
2. Досліджено фізико-хімічні характеристики термічної стійкості ПП в околі робочих температур 1000-1500 °С. Зазначено, що в умовах України найбільш ефективними є обертові барабанні печі, оскільки при цьому можливе використання наявних потужностей цементних та керамзитних заводів.
3. Наведено технологічний та техніко-економічний аналіз існуючих способів термічного розкладу при знезараженні та переробці НП. В результаті встановлено, що процес можливий з використанням нейтралізуючих добавок (компонентів) та забезпеченням високого рівня очищення утворених вихлопних газів.
4. З допомогою Фур'є ІЧ-спектроскопії досліджено процеси низькотемпературної деструкції сірко- та фосфорвмісних ПП за температури 300-400°C. Результати аналізу спектрів свідчать про повну термічну деструкцію діючих речовин з утворенням різних модифікацій пірокарбону та полімерних органічних і неорганічних залишків діючих речовин, що підтверджує можливість використання такого низькоенергозатратного методу для знешкодження НП та ПВВ.
5. Досліджено параметри скорочення емісії діоксинів при термічному знешкодженні НП та ПВВ.
6. Проведено аналіз квантово-хімічних розрахунків перебігу лужного гідролізу при знешкодженні, зокрема, фосфорвмісних пестицидів золону та диметоату із застосуванням напівемпіричного методу Хартрі-Фока з базисом 3-21G і хроматографічного методу аналізу продуктів реакції.

7. Здійснено техніко-економічний аналіз існуючих сучасних мобільних комплексів і систем термохімічного та плазмохімічного знешкодження непридатних ХЗЗР, а саме:

-плазмотермічного комплексу для переробки неідентифікованих НП та ПБВ;

- установки спалювання та реагентної переробки промислових і побутових відходів, у тому числі радіоактивних;

8. Встановлено, що економічна доцільність застосування того чи іншого методу знешкодження повинна визначатися, у першу чергу, забезпеченням виконання санітарно-гігієнічних норм, економічних показників та вимог природоохоронного законодавства.

До матеріалів розділу увійшли публікації автора [1,3,5,8,9,18,35].

РОЗДІЛ 5 РОЗРОБЛЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ФОРМ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ МІСЦЬ ЗБЕРІГАННЯ ЗА- ЛИШКІВ НЕПРИДАТНИХ ПЕСТИЦИДІВ, ТАРИ І УПАКОВКИ ТА РЕ- МЕДІАЦІЇ, РЕКУЛЬТИВАЦІЇ І ВІДНОВЛЕННЯ ЗАБРУДНЕНИХ НИМИ ГРУНТІВ

5.1 Аналіз методів відновлення забруднених пестицидами ґрунтів

Надзвичайно гострою екологічною проблемою є напівзруйновані склади та сховища агрохімікатів, що містять залишки непридатних пестицидів та інших токсикантів, які під впливом зовнішніх факторів трансформувались у невпізнані токсичні суміші. Території та ґрунти навколо сховищ отрутохімікатів вкрай забруднені просякними ПП. Це, як правило, прилегла до складу отрутохімікатів та мінеральних добрив територія в радіусі аж до 500 метрів, яка ніким не доглядалась і донедавна практично у більшості випадків була безхозною. При цьому прилеглі території разом із сховищем хімікатів можуть складати від 0,5 до 8-10 гектарів родючої землі. Якщо враховувати, що таких складів в Україні декілька тисяч, то можна приблизно оцінити масштаби екологічного лиха, а це понад 10 000 гектарів, тобто близько 0,02 % від загальної площі держави [2, 25, 138, 170, 176-191].

Аналіз методів відновлення забруднених пестицидами ґрунтів. Нами було досліджено на прикладі окремого складу отрутохімікатів поблизу села Вінницькі Хутори недалеко від міста Вінниці, що перевищення концентрації деяких пестицидів, які зберігаються у ньому, відмічено на відстані до 500 метрів та на глибину до 6 метрів, тобто двовекторний характер міграції (вертикальний і горизонтальний)[176, 184, 185].

На даний час більшість складів вже звільнена від застарілих, некондиційних та заборонених пестицидів і добрив, які переважно звезені на опорні склади, проте самі будівлі сховищ, які явно потребують або відновлення, або знесення, ще залишилися і згубно діють на людину і довкілля.

Наразі відомо багато інженерно-технологічних методів та шляхів відновлення ґрунтів від різноманітних забруднень (таблиця 5.1). Проте технології очищення землі забрудненої пестицидами з багатократним перевищенням ГДК є недосконалими, вартісними та складними.

Таблиця 5.1 – Переваги і недоліки методів відновлення забруднених пестицидами ґрунтів.

№ п/п	Методи	Переваги	Недоліки
1.	Розкопування з подальшою іммобілізацією або біоремедіацією	-дуже простий спосіб	- вартісний; - застосовується тільки для невеликих ареалів, наприклад, у місцях технічної аварії
2.	Накачування води та обробка забруднених розчинів	-швидко зменшує високу концентрацію забруднювачів	- наявні у ґрунтових розчинах неводні фази; - невідомість геології підземного простору
3.	Ґрунтова парова екстракція	-мінімальне порушення ґрунту; -короткотривалість процесу, невисока вартість	- може бути застосований тільки до ненасиченої зони; - невідділяє діоксини, поліхлорбіфеніли; - можливі викиди забруднювачів у атмосферу
4.	Інжекція (подача розпиленого повітря або кисню) для прискорення біодеградації ПП	-неруйнівність методу, -невисока вартість, - нескладне обладнання	- наявність численних каналів, через які повітря дифундує до поверхні; - наявність твердих зон з низькою проникністю
5.	Нагрівання забрудненої зони електричним струмом або радіочастотним полем (теплові методи)	-застосовують для будь-яких типів ґрунтів, нагрітий ґрунт тривалий час сприяє біоремедіації	- невеликі за розміром ділянки; - нафтопродукти і мастила утруднюють процес ремедіації;

№ п/п	Методи	Переваги	Недоліки
			- наявність металевих конструкцій створює шляхи проходження струму та електронебезпеки
6.	Електрокінетичні методи (електроосмос, електрофорез, електроліз)	-висока ефективність, - багато різних політантів можна видаляти	- наявність значних постійних струмів; - необхідність спеціальних мембран; - незначні площі; - необхідність застосування великих інертних електродів
7.	Біоремедіація	-достатньо ефективний для очищення ґрунту та ґрунтових вод	-необхідність застосування спеціальних мікроорганізмів
8.	Заорювання	- успішно використовується для видалення залишків нафтопродуктів, вуглеводнів та пестицидів; - прискорення мікробної деградації небезпечних компонентів; - простота	- потребує значних площ; - довго тривалість процесу; - неорганічні сполуки (наприклад мінеральні добрива) не підлягають біоремедіації
9.	Компостування та біокупа	- простота; - короткочасна дія; - невисока собівартість; - потребує менші площі ніж заорювання;	- утворення неприємних запахів; - наявність великих концентрацій важких металів пригнічує ріст мікрофлори
10.	Фітомеліорація	- простота; - незмінність ландшафту; - естетична привабливість	-необхідність утилізації забрудненої біомаси

Організація робіт з відновлення або знесення конструкцій складів та обладнання. Для того, щоб здійснювати роботи з будівлями та обладнанням, потрібно провести підготовчий етап, під час якого оцінити масштаби та об'єм робіт, розрахувати еколого-економічну доцільність відновлення або знесення складу, передбачити під'їзні шляхи тощо. При цьому, якщо сховище (складські приміщення) відновлювати недоцільно, тоді його необхідно знести з обов'язковим очищенням конструктивних елементів будівлі та ґрунтів під ним від залишків пестицидів. Очищення територій складів рекомендується провести у декілька етапів:

- демонтаж та вивезення будівельних залишків на подрібнювальні промислові площадки;
- якщо виявлено багатократне перевищення ГДК у ґрунті, то повністю знімається асфальт, бетон, плити, ґрунт;
- розрівнювання території;
- очищення ґрунтового покриву від залишків пестицидів одним із вище перерахованих методів. Це здійснюється в спеціальних ємкостях заповнених миючими або детоксуючими засобами, наприклад, вапняні розчини.

При цьому для підвищення надійності ізоляції поверхонь і матеріалів забруднених пестицидами варто додатково обробляти, наприклад, сумішшю рідкого скла і гашеного вапна. Відпрацьовані розчини миючих засобів теж очищаються у спеціальному обладнанні, що дає можливість їх нейтралізувати.

Кардинальним способом очищення просяклих пестицидами подрібнених конструкцій можуть бути термічні. Крім того, на місце ґрунту, що вилучається з місця знесеного складу, завозиться гумусовий шар і розрівнюється. Після цього здійснюються роботи з рекультивації та меліорації території з відповідним відновленням природних земельних ресурсів, біогеоценозів, збереження ландшафтного та видового різноманіття і забезпеченням екологічної рівноваги в природі. Відтак, еколого-економічні та соціальні ефекти таких відновлювальних робіт можуть бути такі: відновлення природного середовища, оздоровлення довкілля, створення

сприятливих умов проживання населення, зменшення ризиків захворювань та отруєнь, а також підвищення екологічної безпеки регіону (рис. 5.1).



Рисунок 5.1 – Логістична схема поводження з безхозними складами непридатних пестицидів та забрудненими територіями і ґрунтами

Оцінювання екологічного ризику від забруднення ґрунтів та територій складів. Для того, щоб встановити доцільність впровадження відповідних методів відновлення ґрунту, необхідно оцінити рівень екологічного ризику від забруднення його пестицидами та іншими токсикантами. Екологічний ризик – це імовірність виникнення небезпечних (несприятливих) для довкілля і живих систем наслідків або впливів, або подій та відповідних збитків. При цьому повністю виключити екологічну небезпеку іноді важко, але мінімізувати імовірність ризику цілком реально. Відтак, модель ситуаційного ризику від застосування пестицидів може бути представлена так:

$$R = \frac{1}{2I_{SC}} \sum [A_i + B_i + D_i], \quad (5.1)$$

де I_{SC} – індекс самоочищення ґрунтів даної місцевості; A_i – вплив (навантаження) i -го забрудника на людину; B_i – вплив (навантаження) i -го забрудника за ГДК на природне середовище; D_i – вплив (навантаження) i -го забрудника для населення, наприклад, від вживання продукції, вирощеної на забрудненій пестицидами ділянці та епідеміологічних контактів людей з пестицидами.

При цьому індекс самоочищення ґрунтів встановлюється в залежності від зони можливого застосування, токсико-гігієнічних властивостей пестициду, обсягів його використання тощо. Наприклад, для Вінницької області усереднене значення індексу самоочищення становить $I_{SC} = 0,61$. Рівні навантаження (впливи) A_i , B_i , D_i – визначаються як відношення маси діючої речовини на площу забрудненої території, масу тіла людини та інтегральної оцінки епідконтактності відповідно [185, 186]. Нами доведено, що усі види пестицидів спричиняють різноманітні патології в системах організму людини та інших живих об'єктах, а поблизу територій складів отрутохімікатів захворюваність населення суттєво вища, у порівнянні з іншими регіонами і містами, де люди менше контактують з отрутохімікатами та сільськогосподарським виробництвом.

Отже, як випливає з наших аналітичних оцінок ризику, зокрема, на прикладі складу отрутохімікатів у селі Вінницькі Хутори, сумарне абсолютне значення ризику більше у 5-10 разів у порівнянні з аналогічними даними для неконтактних територій. Це переконливо підтверджує гостру необхідність агротехнологічних та біоремедіаційних заходів з очищення ґрунтів на територіях діючих та колишніх складів отрутохімікатів.

Отже, у сучасних умовах зростання об'ємів використання хімічних засобів захисту рослин та катастрофічного забруднення агроєкосистем пестицидами від локальних джерел (зокрема, складів та сховищ отрутохімікатів) актуальним є вибір оптимальних методів та їх застосування для відновлення відповідних територій. Крім того, обов'язковою умовою передпланувальних та відновлювальних

робіт є ретельне оцінювання екологічних ризиків, що дасть можливість завчасно прогнозувати та суттєво зменшити можливі небезпечні наслідки для довкілля і людини, а також ефективно управляти екологічною безпекою місць зберігання та поводження з отрутохімікатами.

5.2 Розроблення екологічно безпечних фіторемедіаційних методів відновлення забруднених пестицидами ґрунтів

Як відомо, у сучасному сільськогосподарському виробництві для інтенсифікації росту рослин, запобігання їх захворюваності, збільшення урожайності, зокрема, зернових культур, боротьби з гризунами та бур'янами тощо використовуються у величезних об'ємах хімічні засоби захисту рослин і, у першу чергу, високоефективні пестицидні препарати. При цьому на території України до цього часу ще зберігаються значні об'єми невикористаних, некондиційних пестицидних препаратів та мінеральних добрив, що з часом стали у напівзруйнованих складах та сховищах невпізнаними небезпечними сумішами хімікатів. В результаті багаторічного і тривалого застосування вони накопичуються у ґрунтах підвищуючи екологічну небезпеку, тобто ризиків для людини та інших живих систем і довкілля. Тому існує гостра проблема створення високоефективних методів ремедіації та рекультивації забруднених ними ґрунтів. При цьому для досягнення максимально можливого екологічного ефекту здається доцільним поєднати декілька різнонаправлених за принципом дії, але з однаковою кінцевою метою, методів, а саме: біодеградацію пестицидів з використанням резистентних мікроорганізмів та фіторемедіацію рослинами-гіперакумуляторами з можливим залученням ефекторів фітоекстракції для підвищення виносу пестицидів із ґрунту [181,194-228].

В результаті аналізу сучасних досліджень та публікацій обґрунтовано вибір найбільш перспективних методів ремедіації та рекультивації для створення комплексного методу з відновлення ґрунтів забруднених пестицидами з урахуванням природно-кліматичних умов Лісостепу України. При цьому зазначається, що забруднені пестицидами ґрунти потребують відновлення їх екологічних функцій з

метою запобігання подальшої міграції НП в екосистемах (рис. 5.2), що є вкрай важливим для антропогенно порушених екосистем, тому потребує розробки комплексних заходів з фітореMediaції безпосередньо самого ґрунту та біодеградації пестицидів у ньому для досягнення норм екологічної безпеки техногенно навантажених територій. При усуненні пестицидного навантаження на ґрунт, зазвичай, використовують тільки один метод, який здебільшого стосується біодеградації пестицидів за допомогою мікроорганізмів. Проте використання рослин для виносу надлишкових кількостей пестицидів із ґрунту є досить перспективним, адже їх фітореMediaційний потенціал згідно значень коефіцієнту біологічного поглинання та тканинного коефіцієнту за даними [213,214,215,216] досить високий, що надає можливість майже повного усунення забруднення.



Рисунок 5.2 – Мігрування пестицидів у навколишньому середовищі

Деградація пестицидів за допомогою мікроорганізмів. При накопиченні пестицидів у ґрунті відбувається процес їх біотрансформації. Відповідно роботі [192] розкладання пестицидів супроводжується як їх детоксикацією, що позначається через втрату токсичних властивостей вихідною речовиною, так і токсифікацією, а саме: утворенням більш небезпечних речовин із її залишкових мас, які беруть участь в реакціях двох або більше пестицидів за умов впливу темпера-

тури, вологості, освітлення та інших абіотичних факторів та участі живої речовини, а також залучення антропогенних систем деградації (ультразвукова обробка, озонування тощо) (рис. 5.3).

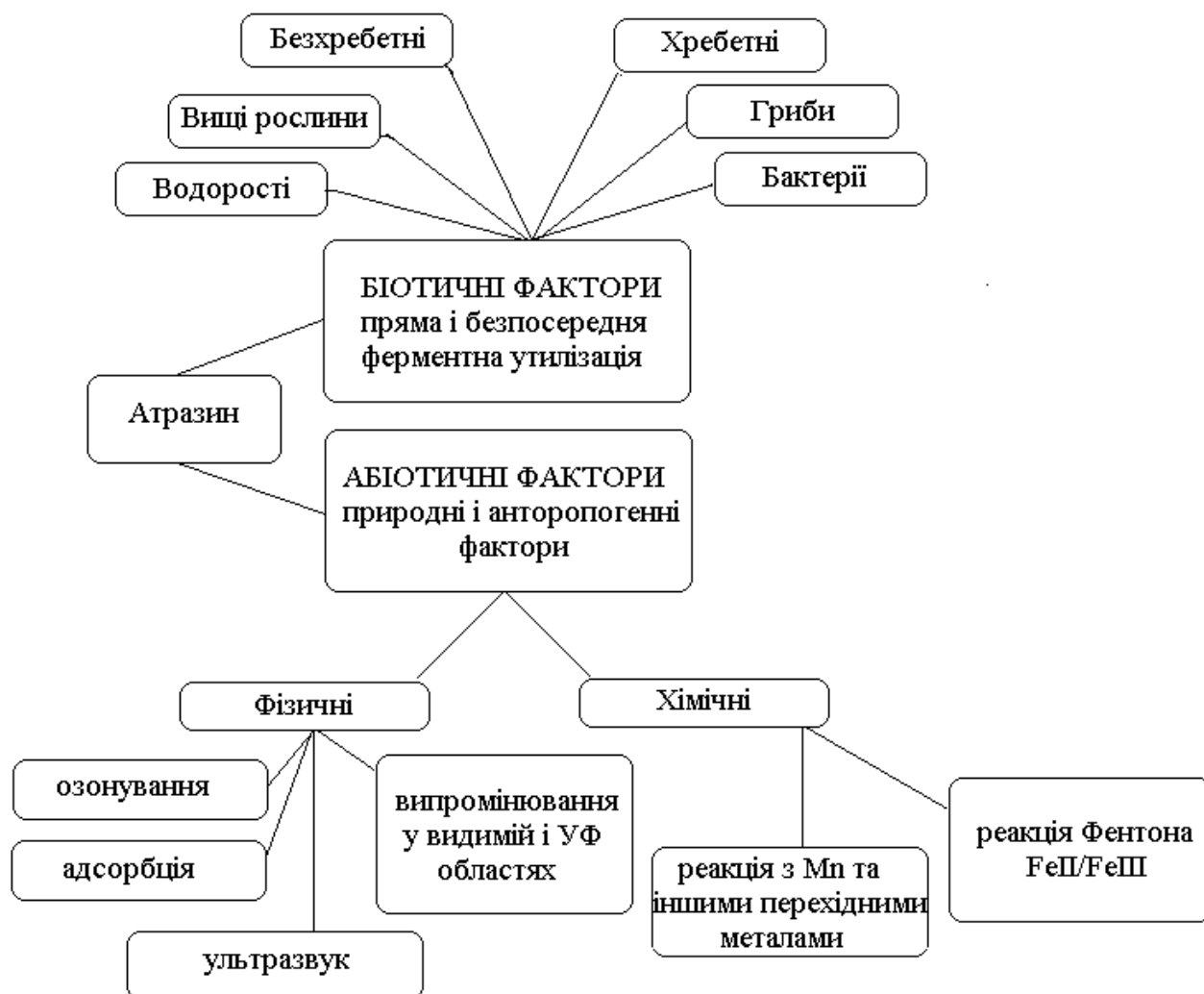


Рисунок 5.3 – Фактори, які впливають на акумуляцію та розкладання пестициду на прикладі препарату атразину

При цьому мікроорганізми та їх ферменти виконують провідну роль у біотрансформації пестицидів, адже за їх участю відбуваються процеси гідролізу, окиснення та відновлення, в результаті яких останні можуть використовуватись як джерело вуглецю, азоту, фосфору та енергії для живих організмів і, насамперед, вищих рослин, що є досить важливим при створенні стійкого біоценозу на забруднених ґрунтах.

Наявність значної кількості резистентних до дії пестицидів мікроорганізмів з високою біодеградаційною здатністю зумовлює їх перспективність використання для очищення ґрунтів від пестицидного навантаження. Із загально біологічних позицій, зокрема [192], визначають резистентність як зміну популяцій в результаті переходу від чутливого до стійкого штаму того ж виду мікроорганізмів внаслідок відбору спричиненого пестицидами, що зумовлено генетичною, фізіологічною та біологічною перебудовою організмів. Згідно зазначених вище джерел внесок мікроорганізмів в процеси деградації становить від 10 до 70 %. Ефективність проходження процесу біодеградації пестицидів у ґрунтах визначається наявністю резистентних мікроорганізмів, здатних до їх розкладання; синтезуванням ферментів, що пришвидшують процеси трансформації пестицидів; створенням умов, достатніх для проходження ферментативних реакцій трансформації. За умов порушення будь-якої з вище означених вимог деградація пестицидів у ґрунті стає неможливою. Треба додати, що у деградації пестицидів беруть участь мікроорганізми різних груп. У табл. 5.2 систематизовано інформацію щодо їх використання з прив'язкою до конкретних пестицидів.

Таблиця 5.2 – Мікроорганізми, що використовуються для біодеградації пестицидів у ґрунті

Мікроорганізми	Пестицид	Джерело
<i>Agrobacterium radiobacter</i>	Атразин	227
<i>Pseudomonas sp.</i>		228
<i>Bacillus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Micrococcus sp.</i> , <i>Proteus sp.</i>	Ліндан	229
<i>Xanthomonas sp.</i>	Паратіон	230
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> , <i>A. nannoselene</i> , <i>Selenastrum capricornutum</i> , <i>S. gracile</i> , <i>S. minutum</i>	Флуометурон	200
<i>Streptomyces griseolus</i>	Похідні сульфонілсечовини	202
<i>Ps. fluorescens</i> , <i>Ps. paucimobilis</i>	Іпродіон	203
<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Хлор- та фосфорорганічні інсек-	204

Мікроорганізми	Пестицид	Джерело
	тициди і гербіциди	
<i>Alcaligenes faecalis</i>	Хлорпіріфос	205
<i>Rhodopseudomonas palustris</i>	Органофосфорні інсектициди	205
<i>Anabaena variabilis</i>	Арезин, бута хлор, алахлор та 2,4-Д	231

Проте у виробничих умовах більш простим для біодеградації пестицидів у ґрунті передбачається використання мікробіологічних препаратів, що містять потрібні мікроорганізми, наприклад: азотобактерин, до складу якого входять азот-фіксуючі бактерії, зокрема *Azotobacter*.

Обґрунтування вибору рослин для фіторе mediaції ґрунтів забруднених пестицидами. Крім мікроорганізмів, екологічно виваженим напрямом боротьби із забрудненням ґрунтів пестицидами є фіторе mediaція, а саме: відновлення забруднених ґрунтів за допомогою рослин, що ґрунтується на таких стратегіях [207, 213-214]:

1. Фітоекстракція – технологія заснована на поглинанні токсичних сполук корінням з подальшим їх транспортом у надземну частину рослини, яку наприкінці вегетаційного періоду скошуюють, а видалену біомасу переробляють шляхом спалювання, компостування або екстракції розчинниками. Перевагою даної стратегії є вилучення небезпечних речовин з екосистеми.

2. Фітодеградація (або фітотрансформація) ґрунтується на ферментативному розкладанні забруднювальних речовин переважно органічної природи (аліфатичні, ароматичні і поліциклічні вуглеводні, феноли, гербіциди та ін.) безпосередньо в організмі рослин. Проте ця стратегія програє деградації з використанням мікроорганізмів щодо ефективності за такими показниками як швидкість та повнота розкладання.

3. Фітоволоталізація полягає у поглинанні забруднювальних речовин корінням рослин, транспорті і розкладанні в надземній частині з наступним виділенням у повітря менш токсичних продуктів розкладання, що дозволяє очи-

щати ґрунт від надзвичайно токсичних сполук, таких як: хлорорганічні пестициди, сполуки селену і ртуті тощо. В подальшому менш небезпечні та нетоксичні форми піддаються фотохімічному розкладанню або окисненню в атмосфері. Фітоволаталізація є досить перспективним напрямом, який, на жаль, обмежується відомою наявністю рослин, що здатні рости в умовах Лісостепу України.

4. Фітогідраліка спрямована на очищення ґрунтових вод від забруднення, адже вони є основним шляхом міграції забруднювальних речовин. Це досягається за допомогою біогенної акумуляції небезпечних сполук. Для фітогідраліки здебільшого використовують деревні породи з глибоко проникаючою кореневою системою.

5. Фітостабілізація, яка, на відміну від вище наведених стратегій, побудована на інших механізмах, а саме: в її основі лежить здатність рослин знижувати рухомість забруднювачів в ґрунті завдяки корневим ексудатам. Фітостабілізація ефективна тільки за умов низького рівня забруднення.

6. Різофільтрація полягає в накопиченні та іммобілізації забруднювальних речовин безпосередньо в кореневій системі рослин. При цьому кореневі ексудати регулюють умови середовища, сприяючи адсорбції та поглинанню забруднювачів корінням. Проте, порівняно до фітоекстракції утворену у ґрунті біомасу складніше вилучати.

7. Різодеградація – руйнування токсичних сполук у ґрунті ще до їх надходження в організм рослин. Вона відбувається за рахунок ексудатів коренів рослин, що містять цілий комплекс сполук (амінокислоти, цукри, ферменти, органічні кислоти тощо) та сприяють утворенню специфічних мікробних угруповань, які здійснюють досить ефективне ферментативне розкладання токсичних сполук до менш небезпечних або простих, наприклад: аміак, метан, сірководень та ін. При цьому вільні ферменти корневих ексудатів різко підвищують швидкість трансформації забруднювальних речовин, що є досить перспективним при відновленні ґрунтів забруднених органічними сполуками. Однак простішим підходом буде

застосування мікробіологічних препаратів, що містять резистентні види мікроорганізмів, які здатні розкласти пестициди до безпечних для довкілля сполук.

Практичне застосування конкретної стратегії очищення ґрунтів в істотній мірі визначається властивостями забруднювачів, а також такими характеристиками ґрунтів, як гранулометричний склад, особливо: співвідношення піщаних і глинистосуглинкових частинок, вміст гумусу тощо. Значення має також ступінь однорідності фізико-хімічних властивостей вздовж ґрунтового профілю та розподіл небезпечних речовин по ґрунтовим горизонтам. З практичної точки зору, за доцільне вважається типізувати ділянки ґрунту, що підлягають очищенню за ступенем інтенсивності техногенного навантаження, звертаючи увагу на рівень забруднення та його локалізацію в генетичних горизонтах з урахуванням можливого надходження в ґрунтові води і утворення небезпеки для екосистеми в цілому.

Застосування конкретної стратегії ремедіації викликане такими характеристиками забруднювачів, як: леткість, розчинність в воді або органічних розчинах, хімічна та термічна нестійкість, здатність до біохімічного розкладання, поведінка в процесах ад(б)сорбції, магнітні та електричні властивості, поверхневі властивості, розмір, форма часток та ін. Здатність деяких пестицидів утворювати небезпеку у ґрунтах за умов нейтральної реакції середовища представлена в табл. 5.3.

Проаналізувавши існуючі стратегії фіторемедіації та враховуючи особливості пестицидного забруднення, варто зупинитися на фітоекстракції, як найбільш простій для виконання у виробничих умовах, економічно маловитратній, екологічно безпечній, що усуває загрозу можливості вторинного забруднення навколишнього середовища, адже залишки пестицидів майже цілковито вилучаються з ґрунту.

Отже, рослина, яку збираються використовувати для фіторемедіації, повинна відповідати наступним вимогам:

- витримувати рівень забруднення пестицидами без явно виражених проявів фітотоксичних ефектів (знебарвлення, пігментація, некрози, затримка росту й розвитку);

- відзначатися високою швидкістю росту, формувати значну надземну біомасу, мати глибоко розрощену кореневу систему, не вимагати особливої агротехніки, бути стійкою до хвороб і шкідників, не привабливою для тварин і людини з точки зору запобігання отруєння.

Таблиця 5.3 – Поведінка пестицидів у ґрунтах з нейтральною реакцією ґрунтового середовища

Пестицид	Хімічна природа	Адсорбція		Стійкість (розпадання 75-100 %)	Рухомість
		Глина	Гумус		
Дихлор-дифенітрихлоретан	Хлор-вуглеводень	Сильна	Сильна	Понад 2 роки	Низька
Ліндан		Низька		Понад 2 роки	
Паратіон	Ефір фосфорної кислоти	Від низької до середньої		1-12 тижнів	
Манеб	Дитіокарбамат			1-12 тижнів	

Стійкість рослин до пестицидів згідно [209] ґрунтується на їх здатності підтримувати синтез білка, рівновагу аденілової системи (АМФ, АДФ, АТФ), синтезі амінокислот. Нормальний вміст моносахаридів (глюкози) в рослинах сприяє іммобілізації пестицидів. Також важливу роль в механізмах стійкості до токсичної дії пестицидів відіграє антиоксидантна система, що усуває вільні радикали і активні форми кисню.

При цьому під час вибору порід деревних рослин необхідно враховувати характер і напрямок руху вітру, а, отже, і характер випадання пилюватих частинок, і поширення запаху тощо. Враховуючи, що хвойні рослини більш стійкі (особливо в зимовий час) до забруднення, доцільно створювати змішані насадження. Проте,

навпаки, плодові дерева та ягідники, незважаючи на дуже хорошу стійкість і здатність вилучати пестициди з ґрунтів, води і повітря, висаджувати не рекомендується. Головним недоліком деревної рослинності є швидкість росту. Доцільніше звернути увагу на трав'янистій рослинності, здійснюючи відбір як дикоростучих видів, так і пошуки серед культурних рослин, адже досить часто на забруднених ділянках проводиться сільськогосподарська діяльність. Рослини-акумулятори пестицидів наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Фіторемедіаційний потенціал деяких рослин щодо відновлення ґрунтів забруднених пестицидами

Рослина	Пестицид	Ефективність	Ґрунт	Джерело інформації
Кабачок (<i>Cucurbita pepo</i> L.), квасоля (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	ДДТ	Накопичення 10-90 %	Сірий лісовий	Л. І. Моклянчук, Г.Г. Андрієнко, Є. А. Слободенюк, Інститут агроекології та біотехнології УААН, м. Київ
Квасоля (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Трифлуралін, 10 ГДК	Надземна частина 373,9 мкг/кг сухої речовини	Чорнозем типовий малогумусний важкосуглинковий	Л. І. Моклянчук, Ю. О. Зацарінна, Інститут агроекології природокористування НААН, м. Київ

Для умов Лісостепу найбільш перспективним може бути використання серед дикоростучих видів рослин – полину звичайного (*Artemisia vulgaris*), а при сільськогосподарському виробництві – квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) та соняшнику однорічного (*Helianthus annuus*). Особливої уваги варто приділити саме квасолі звичайній (*Phaseolus vulgaris* L.), яка завдяки здатності фіксувати молекулярний азот із атмосфери дає змогу залучення цього мікроелементу до ґрунту, а, отже і підвищення його екологічних властивостей, а також досить інтенсивний приріст біомаси та поглинання органічних речовин з ґрунту. Ще Дж. Б. Буссенго розпочав вивчення фізіології бобових рослин щодо процесів фіксації молекуляр-

ного азоту бульбочковими бактеріями. Так, зокрема, ним було встановлено, що процеси накопичення азоту в бульбах перебігають у такий спосіб: з початку утворення бульбочок на коренях рослини, а це період від моменту появи перших листочків і до повного цвітіння, коли запас азоту в бульбах збільшується, а після цвітіння різко зменшується. Фаза цвітіння бобової рослини є переломним моментом життєдіяльності бульбочкових бактерій. Характер фізіологічних і біохімічних процесів, які відбуваються в бобовій рослині до цвітіння і після нього, є досить різним, а саме: бактерії, які оселились в кореневій паренхімі бобових рослин, фіксують молекулярний азот з повітря і переводять його в білкові речовини, але через деякий період під впливом рослини бактерії переходять в бактероїдну форму, і з цього моменту фіксація азоту різко спадає, а потім і зовсім припиняється.

Активний період життєдіяльності бульбочкових бактерій щодо фіксації ними азоту повітря, обмежується у кормових трав, до яких відноситься і люцерна посівна (*Medicago sativa*) 180-200 днями. В процесі метаболізму також відбувається руйнація структури органічних сполук, що можуть бути використано для деструкції пестицидів. Накопичення азоту сприяє швидкому росту рослин та накопиченню біомаси, і, в свою чергу, покращенню якості ґрунту. За вегетаційний період при звичайних умовах температури і опадів Північного Степу України бактерії можуть привнести по вмісту у кореневій системі і надземній біомасі рослин 180-200 кг азоту на площі в 1 га.

Отже, для досягнення максимально можливої ефективності очищення ґрунтів від пестицидів запропоновано використовувати **комплексний метод** з відновлення ґрунтів забруднених пестицидами, а саме: біодеградацію за допомогою азотфіксуючих бактерій *Azotobacter* при застосуванні мікробіологічного препарату азотобактерин в поєднанні з фітоекстракцією квасолею звичайною (*Phaseolus vulgaris* L.), соняшником однорічним (*Helianthus annuus*) та полином звичайним (*Artemisia vulgaris*). Крім того, рекомендується застосовувати ефектор фітоекстракції + стимулятор росту рослин – 2,4-динітрофенілгідразон, а також семікарбазон 2,2-диметілоксанону. (рис. 5.4).

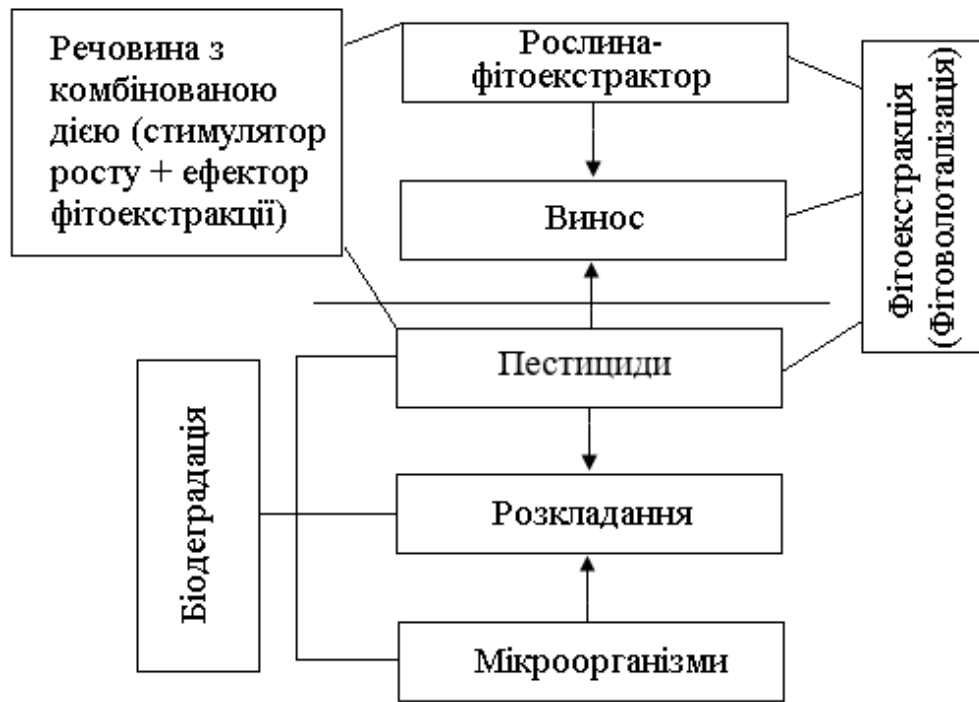


Рисунок 5.4 – Загальна схема очищення ґрунтів від пестицидів комплексним методом

Підсумовуючи, можна константувати, що єдиного універсального методу відновлення ґрунтів забруднених хімічними засобами захисту рослин, зокрема, пестицидними препаратами, не існує. Для кожного окремого випадку треба застосовувати відповідні агрохімічні засоби та сучасні методики їх ремедіації, зокрема, біологічні, мікробіологічні, хімічні, механічні та інші. При цьому неодмінно варто враховувати безліч факторів і, у першу чергу, властивості самого ґрунтового покриву, специфіку застосованих пестицидів, вологість, кислотність(лужність) ґрунтового середовища, глибину і профіль просякання пестицидів тощо, а також передбачити можливі шляхи утилізації насиченої аб(д)сорбованими пестицидами біомаси та ін. Стосовно Лісостепу України з його значними запасами чорноземів, то найбільш прийнятним методом, з нашої точки зору, є комплексний метод, що базується переважно на біодеградації пестицидів з використанням резистентних мікроорганізмів та фіторемерації рослинами-гіперакумуляторами з можливим залученням ефекторів фітоекстракції та стимуляторів росту для підвищення вино-

су пестицидів із ґрунту, зокрема, за допомогою азотфіксуючих бактерій в поєднанні з використанням таких рослин як: квасоля, соняшник, полин тощо.

5.3 Обґрунтування екологічної небезпеки непридатних складів та сховищ отрутохімікатів і відновлення забруднених ними земель навколо

Розрахунок вартості робіт по відновленню територій зайнятих складами ХЗЗР. Вінницька область є одним із лідерів по кількості складів та некондційних пестицидів, що залишилися після Радянських колгоспів і, зараз, стоять напівзруйновані. За офіційними даними на 2016 рік таких складів 136, проте реалін числа більше – за орієнтовними оцінками таких складів у Вінницькій області більше 500. Фактично склад отрутохімікатів раніше мав кожен колгосп. На даний момент більшість є напівзруйнованими, крім того, забрудненими залишками пестицидів. Станом на 2006 рік їх на Вінниччині було 709. Скорочення їх кількості пов'язано з їх руйнацією під дією сил природи, розбиранням місцевими жителями, приватизацією та ін. Держструктурами вони не вважаються джерелом небезпеки, а тому не підлягають обліку і контролю На рис 5.5-5.7 представлено фото типового вигляду складу ХЗЗР.



Рисунок 5.5 – Фото складу отрутохімікатів у 2019 році, поблизу села Радянське, Літинського району Вінницької області



Рисунок 5.6 – Той же склад (вид в іншого боку) у 2013 році



Рисунок 5.7 – Той же склад у 2020 році

Пестицидів в основній масі на таких складах майже немає. Їх в більшості випадків вивезли за межі держави у 2010-2012 роках або звели на опорні склади яких і донині існує у Вінницькій області 119. В цих складах залишилися незначні кількості пестицидів, а також їх сліди у ґрунті, на поверхні та в будівельних конструкціях. Попередні дослідження показали залежність просякання пестицидів у ґрунті в глибину та поширення їх на відстань від складів [2]. Було виявлено перевищення нормативів пестицидів на глибину до 3х метрів та на відстань до 50 м.

Окрім проблеми ґрунтів та їх відновлення різними методами важливою є проблема поводження з конструкціями залишків складів. Очевидним є те що такі конструкції варто ліквідувати, причому, в деяких випадках як відходи 4 класу небезпеки. В певних ситуаціях їх можна відновлювати і використовувати для складських цілей.

Як правило залишки складів не мають юридичного власника, або власником є громада чи сільська рада (ОТГ) певного населеного пункту. Для місцевих рад такі склади не представляють інтересу і, у відсутності потреби суспільства чи держави до їх ліквідації вони просто залишаються поза увагою. В тих випадках коли юридичний власник є, наприклад, фермер, що обробляє прилеглі землі, аналогічно інтересу чи потреби щось робити з напівзруйнованим складом немає. Також не існує нормативних документів, які б зобов'язували чи рекомендували поводитися з такими складами певним чином.

В нашій державі окрім складів є ще низка різного роду безхозних будівель і об'єктів, які мають аналогічний стан і вигляд, проте їх умовно можна вважати безпечними за відсутності хімічного впливу на довкілля. Як приклад, такими можуть бути будівлі колгоспів, АЗС, виробничих об'єктів та ін. Запропоновані далі підходи можна використовувати і для інших безхозних будівельних конструкцій.

Розглянемо алгоритм дій для складів, що мають певні залишки пестицидів. Всі роботи умовно можна поділити на 3 етапи: підготовка, збір і вилучення пестицидів, транспортування до місць переробки та їх переробка, знесення не функціональних складів та рекультивація земель.



Рисунок 5.8 – Логістична схема відновлювальних робіт на складах та сховищах з пестицидними препаратами

На рисунку 5.8 зображено алгоритм дій з складами. Для вибору методу переробки необхідно в першу чергу ідентифікувати пестициди та поділити їх на класи за вмістом. Для цього можна використати дані етикеток тари пестицидів, або за її відсутності визначити хімічний склад за допомогою фізико-хімічних методів. Для кожного з класів пестицидів перелічених у пункті 1.2 є розроблені відповідні наукові методи ідентифікації. Також для них існують методи переробки, які постійно вдосконалюються. Найбільш універсальним методом утилізації є високотемпературне спалювання.

Очищення та санація земель зайятих складами пестицидних препаратів та мінеральних добрив здійснюється за таким алгоритмом. Є декілька видів відновлення земель та рекультивації: тимчасова, постійна рекультивація та рекультивація ландшафтів. Тимчасова передбачає відновлення ділянок, використання яких не заплановане. Як правило, вона обмежується озелененням. Постійна рекультивація передбачає повне відновлення локальних, незначних ділянок землі до попереднього стану. При цьому використовують комплекс заходів спрямованих на збільшення вмісту гумусу, зменшення токсичних речовин, озеленення, покращення структури ґрунту і т.д. Рекультивація ландшафтів направлена на відновлення великих територій до попереднього стану. Відрізняється від постійної рекультивація своїми масштабами та обсягами. Рекультивацію варто проводити в декілька етапів:

1. Спочатку реалізовується підготовчий етап, на якому складається проект (план) робіт з взяттям проб ґрунтів та їх дослідженням на вміст забруднень. Підготовка містить в собі дослідження порушених земель, їх типізацію, вивчення властивостей, проектування технічного та біологічного етапу. В часі цей етап може бути як дуже коротким так і затягуватися на місяці в випадках отримання дозволів і бюрократичної переписки з різними інституціями.

2. Наступним є етап технічної рекультивації з залученням техніки та вивезенням верхніх пошкоджених шарів поверхні, конструкцій, зняттям асфальту і т.д. Технічна рекультивація передбачає зняття та вивезення ґрунту з суттєвим пере-

вищенням ГДК шкідливих речовин, проведення робіт хімічної та фізичної очистки ґрунту (внесення хімічних реагентів), засипання поверхні родючим ґрунтом, вирівнювання поверхонь і т.д. В часі цей етап досить короткий і може тривати від кількох днів до декількох тижнів.

3. Останнім є етап біологічної рекультивації з залученням спеціально підібраних рослин для рекультивації конкретного типу забруднення. Наразі, досить детально вивчені механізми біологічної рекультивації земель після гірничих розробок, нафтових виливах та ін. Проте рекультивація та підбір біологічних агентів при забрудненні ґрунтів пестицидами досліджено досить мало. Біологічна рекультивація виконується на завершальних стадіях відновлення земель, проте може займати найбільше часу. Біологічна рекультивація відбувається протягом декількох років. Відомі приклади рекультивація яка триває понад 10 років. Основними методами біологічної рекультивації є відновлення родючості ґрунту за допомогою рослин та мікроорганізмів. Існує багато видів біологічної рекультивації: сільськогосподарська, лісогосподарська, водогосподарська, рекреаційна та санітарногігієнічна.

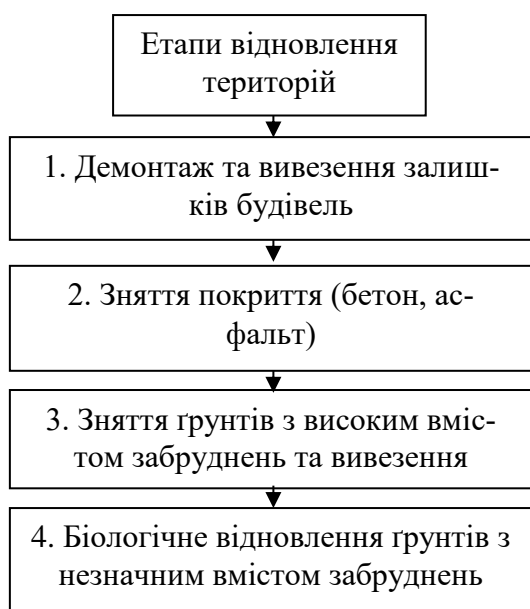


Рисунок 5.9 – Схема етапів відновлення територій кладів

Для відновлення земель поблизу складів ХЗЗР варто проводити санітарногігієнічну рекультивацію, а не рекреаційну, сільськогосподарську водогосподарську рекультивації. Території складів ХЗЗР, як правило, мають перевищення ГДК по вмісту у ґрунті шкідливих речовин.

Наведемо схематично алгоритм в процесу технічної рекультивації територій складів та конструкцій (рис. 5.9):

Важливої уваги заслуговує визначення критеріїв за якими ґрунти можна (і варто) відновлювати біологічним шляхом чи ви-

знавати їх такими що не можна відновити біологічно. Такими критеріями є концентрація та хімічний склад пестицидів і агрохімікатів:

1. *Концентрація токсикантів.* Згідно визначення поняття ГДК навіть незначне перевищення може викликати негативний вплив на довкілля та людину. Проте на практиці для ґрунтів застосовують принципи економічної доцільності різних рекультиваційних робіт. Для ґрунтового середовища з перевищеннями вмісту пестицидів межею біологічної рекультивації варто вважати десятикратне перевищення ГДК. Тобто при перевищеннях більше 10 ГДК варто використовувати інші методи (наприклад, реагентні чи термічні зі зняттям ґрунту чи без зняття). При перевищеннях ГДК до 10 біологічні методи протягом декількох років разом з саморозпадом органічних речовин приведуть до зниження токсичності до норми.

2. *Хімічний склад ґрунтів.* Є певні класи пестицидів і конкретні їх представники, що мають стійкість до біологічного метаболізму, а також досить довгий період напіврозпаду (роки). В таких випадках ефективність біологічної рекультивації буде низька і варто використовувати інші методи рекультивації.

Цим методом, окрім складів отрутохімікатів, можна відновлювати й інші непридатні до господарських робіт будівлі. Наприклад, старі ферми, зерносховища, цехи підприємств, території АЗС.

Оскільки земля – це товар, то її можна оцінювати по певних економічних показниках. Ділянка, що підлягає рекультивації може бути оцінена економічно за формулою (5.2) [232]. Далі наведено методику оцінки ефективності рекультиваційних робіт та вартості окремих її складових з врахуванням цін 2020 року [233] :

$$Од=Зв+Зр+Зб, \quad (5.2)$$

де Од – оцінка вартості робіт на ділянці, що підлягає рекультивації, тис. грн; Зв – збитки від тимчасового вилучення земельної ділянки, тис. грн; Зр – затрати на гірничотехнічну рекультивацію; Зб – затрати на біологічну рекультивацію.

При відчуженні земель на тимчасову чи довгострокову рекультивацію власник втрачає чистий дохід, що розраховується за формулою (5.3) [234]:

$$Зв=Пд \cdot Чд \cdot К \cdot Т, \quad (5.3)$$

де Пд – площа ділянки, га; Чд – чистий дохід від 1 га ділянки, що рекультивується; К – коефіцієнт підвищення ефективності землі; Т – час проведення рекультивації, роки.

Підставивши дані в формулу 5.3 отримаємо значення збитків від вилучення земель рівним нулю, оскільки ділянки складів не використовуються і є швидше збитковими.

Затрати на гірничотехнічну рекультивацію розраховуються за формулою (5.4):

$$Z_p = Z_p + Z_c + Z_m, \quad (5.4)$$

де Z_p – затрати по плануванню та логістиці робіт, тис. грн.; Z_c – затрати на зняття верхнього шару, транспортуванні, укладці шару ґрунту; Z_m – Затрати на демонтаж конструкцій, їх вивезення.

Затрати на біологічну рекультивацію розраховуються за формулою (5.5):

$$Z_b = P_d \cdot Z_{bo} \cdot K_p \cdot T, \quad (5.5)$$

де Z_{bo} – затрати на біологічне очищення землі на 1 га, тис. грн.; K_p – коефіцієнт приросту продуктивності (відношення величини чистого доходу від гектару до чистого доходу рекультивованої ділянки).

Таблиця 5.5– Оцінка вартості робіт для ділянки складів 1 га станом на 2020 рік

Позначення	Пояснення	Вартість, грн	
		На 1 га	Всього
Зв	збитки від тимчасового вилучення земельної ділянки	0	0
Зр	затрати на гірничотехнічну рекультивацію, грн	-	70200
Зп	в т ч. затрати по плануванню та логістиці робіт, грн	13000	13000
Зс	в т ч. затрати на зняття верхнього шару, транспортуванні, грн	26000	26000
Зм	в т ч. затрати на демонтаж конструкцій, їх вивезення, грн	31200	31200
Зб	затрати на біологічну рекультивацію, грн	39400	39400
Од	Загальна вартість вартості робіт для ділянки складів		179800

При розрахунку загальної вартості рекультиваційних робіт ділянок складів для України загальною площею близько 6000 га отримаємо суму в 657 млн грн. Для держави ця сума є незначною і може бути виділена на досягнення екологічної безпеки країни.

Шляхів біологічної рекультивації територій складів є декілька. Кожен з них має певні переваги та недоліки. Необхідно їх оцінити та вибрати оптимальний з точки зору ефективності та затрат. Розглянемо їх в таблицях 5.6 - 5.8.

Таблиця 5.6– Технологічна схема створення сільгосп угідь на 1 га станом на 2020 рік

Види робіт	Об'єм	Вартість, грн	
		На одиницю	Всього
Завезення гумусового шару на відстань до 10 км з завантаженням, т	3000	50	390000
Розрівнювання гумусового горизонту бульдозерами, т	3000	10	78000
Загальна вартість витрат на створення родючого шару			468000

В результаті таких робіт утворюється гумусовий шар товщиною 30 см. Існують і інші способи створення родючих ділянок є перетворення існуючих забруднених земель під дією рослинного покриву та добрив.

Таблиця 5.7– Технологічна схема створення сільгосп угідь на 1 га станом на 2020 рік

Види робіт	Об'єм	Вартість, грн	
		На 1	Всього
Перший рік			
Планування, га	1	13000	13000
Придбання мінеральних добрив, т	0,500	-	2171
в т.ч. азотні	0,200	5200	1040
фосфорні	0,150	4160	624
калійні	0,150	3380	480

Види робіт	Об'єм	Вартість, грн	
		На 1	Всього
Транспортування добрив, т	0,500	260	130
Завантаження, розвантаження добрив, т	0,500	104	50
Внесення добрив, т	0,300	390	117
Передпосівна культивування з боронуванням, га	1	520	520
Покупка зернят рослин, кг	160	130	20800
Підготовка до посіву та прокатування, га	1	520	520
Другий рік			
Ранньесівне боронування, га	1	520	520
Підкормка добривами, т	0,100	390	39
Третій рік			
Ранньесівне боронування, га	1	520	520
Підкормка добривами, т	0,100	390	390
Загальна вартість витрат на створення родючого шару за 3 роки			39400

Ще одним варіантом рекультивації є засадження території чагарниковими рослинами та швидкорослими деревами і кущами, які також створюють гумусовий шар і поглинають токсичні речовини з ґрунту.

Таблиця 5.8– Технологічна схема створення сільгосп угідь на 1 га

Види робіт	Об'єм	Вартість, грн	
		На 1 га	Всього
Перший рік			
Планування робіт, га	1	13000	13000
Підготовка лунок, га	1	13000	13000
Удобрення лунок, га	1	5200	5200
Придбання саджанців, шт	600	130	78000
Посадка, га	1	3900	3900
Загальна вартість витрат на створення родючого шару шляхом заліснення			113100

Отже, на відновлення території одного складу площею 1 га потрібно близько 180 тис грн або близько 7 тис. дол. США. Для більшості громад, на балансі яких такі склади розташовані, – це сума, яку можна виділити на вирішення екологічної проблеми.

5.4 Розроблення управлінської логістики з утилізації та переробки тари і упаковки з під пестицидів та небезпечних матеріалів

ХЗЗР – це товари надзвичайно отруйні і тому упаковка (тара) мають гарантувати не просочення цих препаратів у навколишнє середовище навіть при довгостроковому зберіганні. Не менш важливою проблемою є подальша утилізація використаної порожньої тари, іноді з незначними залишками пестицидів, які можуть спричиняти пряму загрозу довкіллю і здоров'ю людини та іншим живим екосистемам. В Україні, на жаль, проблемі збору та утилізації порожньої тари, зокрема, з-під пестицидних препаратів, не приділяється належної уваги і ця проблема не вирішена. Тому управління екологічною безпекою тари з-під ПП потребує наукового обґрунтування та розроблення практичних рекомендацій для відповідних природоохоронних служб.

Метою даного дослідження є аналіз стану поводження з пестицидною тарою та розроблення заходів підвищення екологічної безпеки даної галузі.

Пестициди зберігаються і транспортуються у відповідній тарі зі спеціальним маркуванням та попереджувальними смугами (етикетками, знаками) таких кольорів:

- червоний – гербіциди;
- білий – дефоліанти;
- чорний – інсектициди;
- зелений – фунгіциди;
- синій – протруйники;
- жовтий – феромони, трактонти.

При цьому пестициди високого ступеня небезпеки перевозяться у сталевих барабанах, бочках, спеціальних контейнерах. ПП середнього ступеня небезпечно-

сті транспортуються у тарі з полімерних матеріалів, дерев'яних ящиках, а низького ступеня небезпеки – у паперових, картонних мішках тощо. Це регламентується, зокрема, Постановою Кабміну від 27.03.1996 р. № 354 а також законом України «Про пестициди і агрохімікати». Маркування та транспортування ПП здійснюється згідно державного стандарту ДСТУ ISO 7409:2003 та санітарних правил ДСанПіН 8.8.1.2.001-98. Склади для зберігання пестицидів і тари повинні відповідати усім санітарно-технічним нормам і забезпечуватись відповідною матеріально-технічною базою. Тара, призначена для утилізації, може зберігатись також на спеціальних майданчиках, навісах, сараях, до яких допуск сторонніх осіб та тварин обмежений. Ці споруди також мають бути сухими, ретельно ізольованими від потрапляння вологи тощо [235].

Тара з-під пестицидів, як правило, має бути одноразового використання. Всі операції з тарою регламентуються Постановою N 915. від 26 липня 2001 р. «Про впровадження системи збирання, сортування, транспортування, переробки та утилізації відходів як вторинної сировини», а також постанови від 27 березня 1996 р. N 354 «Про затвердження Порядку вилучення, утилізації, знищення та знешкодження непридатних або заборонених до використання пестицидів і агрохімікатів та тари від них» зі змінами 2008, 2011, 2012 року. Нормативно-правове регулювання операцій з тарою описане в роботі [236]. Однак, ці нормативні документи, здебільшого, регламентують упаковальні виробы багаторазового використання, зокрема, як тверді побутові відходи.

В Україні широко відомий перелік ліцензіатів щодо поводження з небезпечними відходами, у тому числі і по Вінницькій області. Це: ПП «ЮРЕКО», ТОВ «Подільська Січ», аварійно-рятувальний загін спеціального призначення головного управління державної служби з надзвичайних ситуацій ТОВ «Вінекоресурс», але операції з тарою з-під пестицидів і небезпечних відходів має дозвіл здійснювати тільки останнє підприємство. Ці операції зводяться до такого: збирання, зберігання, оброблення, утилізація, видалення, знешкодження але не переробки.

Як відомо, декілька років тому було перезатарено у пластикову тару і вивезено за межі області трохи більше 1000 тон ПП з Джуринського отрутомогильника. В результаті, на його території залишаються декілька сотень ржавих металевих бочок з-під пестицидів ємкістю 200 л, які потребують утилізації. Пестициди, які були перезатарені і вивезені, такі:

- ДДТ;
- фосамід;
- метафос;
- гексахлорциклогексан (γ -ізомер).

Однак, на території зазначеного отрутомогильника до цих пір зберігаються за оціночними даними ще понад 2000 тонн отрутохімікатів, які очікують їх перезатарення, остаточного очищення та завершення робіт із вивезення цих ХЗЗР у місця їх переробки, зокрема, термічного знешкодження. При цьому, розпорядженням № 644 від 03.11.2014 року Вінницької ОДА було покладено функції управління майном колишнього міжобласного пункту захоронення отрутохімікатів (с. Джурин Шаргородського району) на Департамент екології та природних ресурсів Вінницької ОДА.

На рисунку 5.10 представлена принципова схема поводження з пестицидною тарою. Порожня тара, у тому числі, з-під пестицидів та пестицидвмісних відходів, це є здебільшого відходи, які можуть бути сировиною для переробки, або джерелом енергії, а після спеціальної обробки (очищення) – і повторно використовуватись. При застосуванні очищення тари подвійним зі спеціальними ПАР або потрійним промиванням водою можна її використовувати заново, але тільки не для побутових цілей. Однак тара, яка не повністю очистилась, утилізується методом спалювання (пластик, папір, мішківина тощо), а металеві контейнери та бочки можуть поступати на переплавку на відповідні металургійні підприємства. На жаль, у нашій країні майже відсутні пункти збору тари і упаковки з-під пестицидів. При цьому в Україні є два підприємства, які мають ліцензію на утилізацію небезпечних відходів упаковки ХЗЗР. Це ДП «Національний центр поводження з

небезпечними речовинами» та ПК «Капітал-2006». Крім того, існує один полігон у Кропивницькій області для утилізації такої тари. Найближчим часом передбачається відкрити в Україні ще декілька таких полігонів та місць переробки тари. На сьогодні рівень збору тари (ХЗЗР) уповноваженими компаніями складає всього близько 1 % від завезеної. Планується найближчим часом довести цю цифру до 30 %. Тарифні ставки за тону тари складають в межах 12-15 тис. грн.



Рис. 5.10 – Схема переробки та утилізації тари з-під пестицидів

Процедура потрійного промивання тарного пластику доводить, що вміст пестицидів у водно-емульсійних екстрактах після ополіскування бочок і контейнерів складають від 99 % до 100 %. Промивні води можуть бути використані в якості

робочого розчину пестициду або для приготування нових порцій концентрату для оброблення сільськогосподарських угідь. Відтак, тара стає безпечною і придатною для подальшої переробки чи використання, уникаючи її спалювання.

Є декілька способів мінімізації утворення відходів пестицидів та їх тари:

- зменшити використання пестицидів, за рахунок їх заміни на більш ефективні аналоги та більш ефективного внесення;
- здійснювати трикратну промивку тари або використовувати обладнання для промивки під тиском;
- використовувати великі ємності для пестицидів замість малооб'ємних.

При цьому варто здійснювати більш ретельний контроль за використанням пестицидів та поводженням з тарою [237]. В ЄС користувачі пестицидів зобов'язані мати заключені договори з перевізником, що зареєстрований в Агентстві з навколишнього середовища та ліцензованим підрядником з вивезення відходів (тари, в т.ч.). Документація про прийом і передачу пестицидів і відходів зберігається два роки. У відходи потрапляють розчини і матеріали, що використовуються при промиванні і очищенні розприскувачів та резервуарів після закінчення їх роботи. В Україні наразі такі матеріали і розчини не збираються, а тому попадають у довкілля[238,239]. Європейським законодавством дозволено невеликі залишкові об'єми неконцентрованих промивних розчинів скидати в ґрунт, але за певних умов [240,241]:

- ґрунт має поглинати об'єм рідини, що підлягає утилізації, без стікання або залишення калюж;
- призводять до найменшого ризику для дикої природи та водотоків;
- захищені ґрунтові води (не дозволяючи пестициду потрапляти до водних об'єктів);
- представляти найменший ризик для септиків, польових стоків чи каналізаційних систем;
- там, де це необхідно, розміщувати огороження, щоб обмежити контакт людей та худоби.

За певних обставин і погодження дозволено скид промивних под у місцеву каналізаційну систему.

Утилізація тари. Тара для пестицидів може використовуватися тільки для наповнення пестицидами [242, 243]. Будь-які інші способи використання заборонені. Після використання тара промивається з обов'язковим проколом для унеможливлення використання. Існують рекомендації ВООЗ та ФАО [244-253], як це вірно робити та розроблено обладнання для цього. Заборона в промиванні ємностей існує тільки для порошків ціаністого водню або фосфідів алюмінію, магнію або цинку, через можливість утворення токсичних газів при контакті з водою.

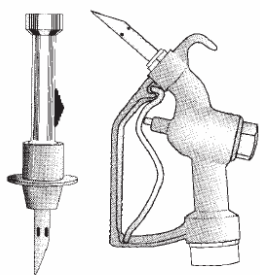


Рисунок 5.11а –Зображення обладнання та процесу проколювання пластикової тари з з-під пестицидів

Рисунок 5.11б Зображення процесу проколу, промивання та пресування металевих контейнерів з-під пестицидів

Контейнери, які не підходять для полоскання (наприклад, паперові мішки та картонні коробки), зазвичай, спорожняється повністю, але не промиваються. Такі ємності потрібно зберігати їх порожніми та відноситись до них так, ніби вони все ще містять пестицид, і вони повинні утилізуватись через ліцензованого підрядника з вивезення відходів [257].

При цьому міцно закривши ковпачки на контейнерах відразу після промивання та осушення, їх варто зберігати вертикально у захищеному від атмосфери місці до моменту утилізації.

Способи поводження з промитою тарою:

- передати ліцензованому підряднику з вивезення відходів;
- відвезти на ліцензований майданчик для утилізації відходів;

– спалити на сміттєспалювальному обладнанні з дозволу місцевих органів влади або органу охорони довкілля (в деяких країнах ЄС дозволене спалювання тільки на спеціалізованих ліцензованих заводах).

Непромиту ємності для пестицидів вважаються небезпечними відходами, а правильно промиті – звичайними твердими побутовими відходами [258].



Рисунок 5.12– Зображення центру збору тари з-під пестицидів у Чилі та процесу подрібнення промитої пластикової тари у мобільному шредері

Подрібнена на шредері промита пластикова тара може використовуватися як сировина для спалювання на цементних виробництвах в обертових печах, або як сировина для виробництва певної пластикової продукції, наприклад, труб низького тиску чи каналізаційних труб.

В країнах ЄС та США майже не існує проблеми тари, оскільки система збору працює досить ефективно, а штрафи і покарання за недотримання законодавства в цій сфері вагомі. В Україні досить низький рівень контролю за тарою і упаковкою харчової чи побутової продукції і, аналогічно, за тарою небезпечних і токсичних речовин та пестицидів. Тому основна маса такої тари потрапляє на сміттєзвалища у кращому випадку.

Утилізація інших відходів. В процесі роботи з пестицидами утворюються інші відходи з вмістом пестицидів, наприклад: забруднена упаковка, обладнання, оброблене насіння, засоби особистого захисту працівників, касети респіраторів,

одяг. Іноді такі відходи потребують поводження з ними як небезпечними відходами.

Типи контейнерів для пестицидів. Існує декілька основних видів контейнерів з пестицидами. Поширеним є 10-ти та 20-ти літровий пластиковий контейнер для рідких пестицидних препаратів. Сухі пестициди часто продаються в герметичних поліетиленових мішках. Також існують контейнери з пестицидами (аерозолями) під тиском, які, як правило, металеві. Існує також тип контейнерів, які є багаторазовими і повертаються виробнику для повторного наповнення [259]. Такі контейнери промивати немає потреби. В Україні вони не поширені, оскільки більшість пестицидів у нас іноземного виробництва [260].

Переробка тари в Україні. У 2011 році на виконання домовленостей між Мінагропродом, Національним центром поводження з небезпечними відходами та Аграрним комітетом Європейської Бізнес Асоціації було створено 11 приймальних пунктів зі збору використаної тари з-під ХЗЗР у п'яти областях України. Це перший крок на шляху до створення високоякісної системи управління порожньою тарою з-під пестицидів та мінеральних добрив. При цьому недавно на Житомирщині (м. Баранівка, ТОВ «ЕкоНова») запустили лінію з утилізації пестицидів I-III класу небезпеки з потенційною потужністю 200-300 тонн на місяць. Зазначене підприємство займається переробкою тари з-під пестицидів, надаючи послуги з утилізації щомісяця приблизно на 1,5 млн. грн. На підприємстві заповнюють, що при високій температурі шкідливі речовини – оксини та діоксини зникають. При цьому, відповідно Базельській конвенції, відповідальність за відходи несе та компанія, яка їх утворила. Технологія переробки, наприклад, пластикових каністр зводиться до відмивання, подрібнення, а далі ці шматочки пластмаси (особливо з поліетилену низького тиску) можуть бути сировиною для каналізаційних труб тощо. Якщо відходи поступають на спалювання, то цей процес відбувається у печі з температурою у межах 1000 °C. В результаті, на виході утворюються елементарні сполуки згорання (H₂O, CO₂, CO та інші), які далі доопалюються у відповідній камері при t = 1100 °C, щоб уникнути утворення діоксинів та

активних радикалів. На заводі по переробці тари також використовуються скру-пери та фільтри у димових трубах для того, щоб дотримуватись санітарно-гігієнічних та екологічних норм.

На рисунку 5.13 подано порівняльні показники переробки відходів ТПВ в Україні і країнах ЄС, у тому числі і тари та небезпечних відходів І-ІІІ класу небезпеки.

Таким чином, у плані управління поводження з пестицидною тарою варто розробити заходи жорсткого контролю за кількістю куплених і використаних пестицидів аг-

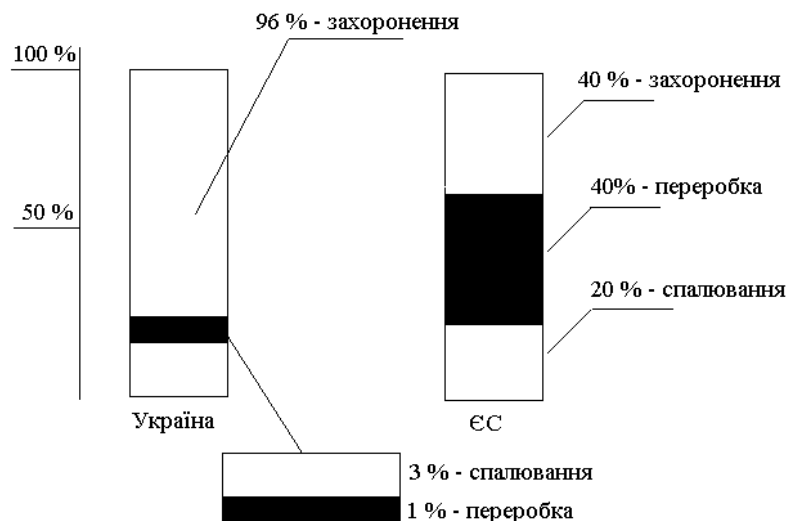


Рисунок 5.13 – Стан поводження з тарою в Україні та ЄС

ропідприємствами та фірмами, що займаються їх продажем, а також здійснювати контроль у сфері поводження з тарою та упаковкою для небезпечних речовин. Наразі такий контроль майже не працює, оскільки значна частина продаваних пестицидів є контрабандними а тому необлікованими. Зазначена схема свідчить, що в Україні процес рециклінгу і переробки небезпечних речовин, у тому числі і тари та упаковки з-під них, тільки на початковому етапі. Тому для остаточного вирішення проблеми ефективного управління екологічною безпекою порожньої тари з-під пестицидів та інших небезпечних речовин необхідно вжити ряд організаційних та природоохоронних заходів, а також забезпечити їх державну підтримку.

В даному дослідженні розглянуто стан проблеми забезпечення ефективного управління екологічною безпекою використаної тари та упаковок з-під пестицидних препаратів та інших небезпечних речовин в Україні та виконана порівняльна характеристика з країнами ЄС. В результаті рекомендується інтенсифікувати процес організації системи збору та сортування таких відходів, а також створення ві-

дповідних ліцензованих підприємств по переробці не тільки небезпечних відходів, але й тари з-під них. Крім того, необхідно всебічно розробляти власні та використовувати кращі світові технології з переробки та утилізації тари, а також досвід передових країн Європи і світу з ефективного вирішення цих проблем.

5.5 Оцінка відносної екологічної безпеки органічних забруднювачів за допомогою методу екотоксів

В світі використовуються тисячі торгових марок пестицидів від багатьох виробників. Постійно розробляються нові більш ефективні пестицидні суміші, які і реєструються в Україні. Проте діючих речовин пестицидів відносно небагато.

Загальновідомою є безпека для довкілля та здоров'я людини від використання пестицидів, проте малодослідженими є залежності залишкової активності пестицидів об'єктах довкілля.

Актуальність: при використанні пестицидів основним параметром безпеки вважається ЛД₅₀ на щурах чи інших теплокровних. Проте при визначенні токсичності не враховуються такі показники як час впливу чи об'єми внесення пестицидів. Досить часто дуже токсичні пестициди досить швидко розкладаються в ґрунті і навпаки малотоксичні пестициди отруюють довкілля протягом довгих місяців чи навіть років.

Отже, з метою даного дослідження є визначення рівнів безпеки використовуваних в Україні та світі пестицидів і виявлення найбільш небезпечних з них. До основних задач дослідження відноситься: здійснити аналіз існуючих торгових марок пестицидів та їх діючих речовин; проаналізувати структуру та властивості діючих речовин; розрахувати екологічну токсичність пестицидів та виявити найбільш небезпечні з них. При проведенні досліджень використано системний, статистичний та аналітичний методи збору та інтерпретації даних токсичності пестицидів.

Хоча й існує велика кількість запатентованих торгових марок пестицидів, їх хімічний склад не так суттєво відрізняється. Однакові за складом пестицидні препарати патентуються під різними назвами для отримання прибутків без сплати

патентовласнику відсотків і, відповідно, для отримання додаткових прибутків. Як правило, діюча речовина у пестицидів різних виробників може бути аналогічною. Відмінними є співвідношення діючої речовини до розчинника, кількість і склад розчинників, суміш в певному співвідношенні декількох діючих речовин пестицидів. В таблиці 5.9 наведені торгові назви пестицидів, що використовуються в Україні та поставляються міжнародними гігантами хімічного виробництва.

Таблиця 5.9 – Перелік пестицидів найбільших хімовиробників, що імпортуються в Україну [261]

Дюпон	Аканто Плюс, Кораген, Танос, Таск Екстра, Гранстар Голд, Тітус Екстра, Хармоні, Сальса, Експрес, Вареон;
Бауер	Гербициди: Аденго, Апстейдж, Аркан, Артист, Ачіба, Баста, Бетанал Експерт, Бетанал Макс Про, Галаксі Ультра, Гроділ максі, Зенкор Ліквід, Капуеро, Лаудіс, Майстер, Майстер Пауер, Максі Мокс, Мерлін, Пума Супер, Тортіл, Целмітрон, Челендж; Інсектициди: К-Обіоль ЕС25, К-Обіоль ULV6, Белт, Біскайя, Децис ф-Люкс, Децис профі, Енвідор, Каліпсо, Коннект, Конфідор, Мовенто, Протеус; Фунгіциди: Авіатор Хрго, Альет, Антракол, Блу Бордо, Дерозал, Інфініто, Консенто, Коронет, Луна Експірієнс, Луна Сенсейшн, Медісон, Мелоді Дуо, Зірам, Натіво, Наутіл, Пасадобль, Превікур Енерджі, Порпульс, Скайвей Хрго, Скала, Солігор, Сфера Макс, Тельдор, Тілмор, Фалькон, Фанданго, Флінт Стар, Фолікур;
Монсанто	Раундап, Хернес, Монітор, Гардіан тетра;
Chemnova	Фунгіциди: Імпакт К, Імпакт Т, Імпакт 25, Імпакт 500; Інсектициди: Вантекс, Варант 200, Данадим, Золон, Фуфанон; Гербициди: Адор 750, Гліфос Супер, Ленацил Бета, Нікіт 240, Протруювачі, Вініцит Форте, Вініцит 050
Basf	Фунгіциди: Абакус, Альтерно, Капало, Карамба Турбо, Піктор, Сігнум, Систіва, Кабріо Топ, Осіріс Стар; Гербициди: Бутізан Авант, Євро-Лайтнінг, Нопасаран, Пульсар 40, Регаліс.
Syngenta	Дана компанія в Україні має близько 600 різних сумішей пестицидних препаратів під різними назвами.

Тому, проаналізувавши хімічний склад наведених пестицидів та їх діючі речовини (ДР), нами було встановлено, що в більшості з них використовується близько 30 ДР (таблиця 5.10-5.12). В основному, це фосфоровмісні інсектициди та гербіциди, що містять хлорвмісні сполуки та катіони важких металів.

Оцінку потенційного ризику використання пестицидів та вторинних сполук для екосистем та біоценозів було проведено за методикою [262,263], яка передбачає визначення показника екотоксикологічної небезпечності екотоксу (E) при врахуванні норм витрат (N), персистентності (P) та ЛД₅₀ при пероральному надходженні речовини в організм білих щурів. За одиницю екотоксу прийнято екотоксикологічну небезпечність ДДТ при нормі витрат 1 кг/га, персистентності – 312 тижнів і ЛД₅₀ – 300 мг/кг. Екотокс дозволяє порівняти екотоксичність досліджуваної речовини з екотоксичністю ДДТ і відповідно оцінити відносну небезпеку забруднення навколишнього середовища цією речовиною.

Розрахунок здійснювався за формулою:

$$E = \frac{P \times N}{LD_{50}}, \quad (5.6)$$

де P – період напівзникнення речовини з навколишнього середовища, тижні;
N – середня норма витрати препарату, кг/га; ЛД₅₀ – середня смертельна доза при пероральному надходженні в організм щурів, мг/кг.

При внесенні пестицидної суміші на посів сільськогосподарської культури діюча речовина пестициду одразу піддається впливу і поступово розщеплюється на продукти та метаболіти. Проте швидкість розпаду пестициду кардинально відрізняється в залежності від умов розщеплення. Як правило, більшість пестицидів востаннє вносяться приблизно за 14-21 день до збирання врожаю. За цей період пестициди розщиплюються (*in vivo*) і виводяться з сільськогосподарської культури до відносно безпечних для здоров'я людини рівнів. Проте поза живою клітиною швидкість половинного розкладу діючої речовини пестициду може бути в десятки разів повільнішою і складати багато місяців і навіть років. Також ця швидкість залежить від фізико-хімічних параметрів доквілля, основними з яких

для пестицидів є рН середовища. Одні пестициди розщеплюються краще в лужних ґрунтах, а інші в кислих. В таблиці 5.10 наведені інтервали напіврозпаду пестицидів – персистентність.

Проаналізуємо окремо дію пестицидів на об'єкти довкілля екоотоксичність кожного з них. В таблиці 5.10 наведено розрахункові значення екоотоксичності інсектицидів:

Таблиця 5.10 – 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), еко-токс
Асерфате (Ацетамідофос)	1400	1,31	0,42-0,84	III	Xn, N: R22	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: Хп – шкідливість, Т – токсичність, Хі – 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 [264,1]. Зазвичай, фрази ризику пишуться на упаковці пестициду та всіх інших небезпечних та шкідливих речовин.

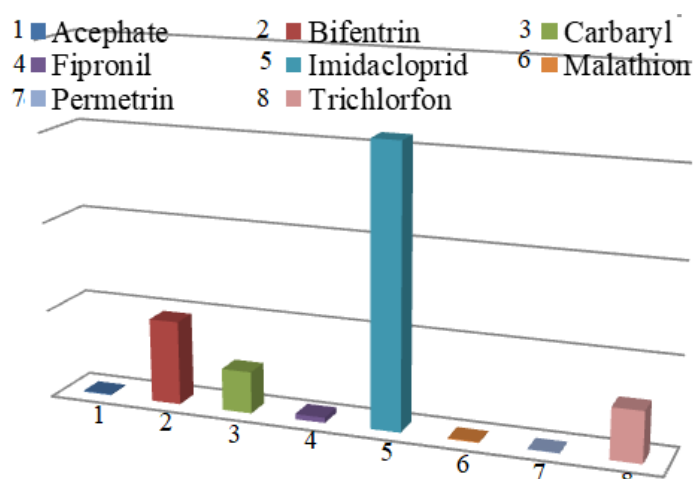


Рисунок 5.14 Діаграма відносної екологічної токсичності інсектицидів

З рисунку 5.14 видно, що інсектицидом який становить найбільший тиск на довкілля є Імідаклопрід, що випускається під торговою маркою Конфідор (Bayer). Він використовується для боротьби з колорадським жуком, попелицею, сисними комахами та ін. Даний пестицид повсюдно використовується в Україні для захисту від комах

урожаю картоплі і томатів, що свідчить також про його поширеність. За показниками токсичності Імідаклопрід відноситься до 2 класу небезпеки і є менш токсичний за, наприклад, Біфентрин що відноситься до 1 класу небезпеки.

Серед гербіцидів по показниках екологічності виділяються одразу 2 пестициди – Бенсулід і Дикват Дибромід. Бенсулід входить до складу багатьох пестицидних сумішей різних виробників назвами: Комерційні назви - Бетамек, Бетасан, Дісан, Експорсан, Префар, Пресан . Використовується для боротьби однолітніми травами, широколистяними бур'янами. Основний Виробник Basf та PBI Gordon.

Таблиця 5.11 - Токсикологічні властивості гербіцидів

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
Benfuralin	3000	1	8,57-18,8	III	T, N: R21, R23/25, R50/53.	28,57 10 ⁻⁴ - 62,67 10 ⁻⁴
Bensulide	270	5,5	12,85-17,10	II	R22	0,2617-0,3483
Clopyralid	4300	0,56	5-5,7	III	Xi,N: R41-51/53	6,51 10 ⁻⁴ - 7,42 10 ⁻⁴
Dicamba	1300	2	2-2,2	III	Xn,N,F: R22-41-52/53-36-20/21/22-11	30,77 10 ⁻⁴ - 33,85 10 ⁻⁴
Diquat Dibromide	120	2	10,57-38,57	II	T+, T, Xn, Xi, N: R26, R48/25, R22, R43, R36/37/3, R50, R53	0,1761-0,6428
Dithiopyr	5000	0,3	3,57-9,85	III	R36/38, R43, R50, R53	2,14 10 ⁻⁴ - 5,91 10 ⁻⁴
Fluazipop-p-butyl	3528	2	2-3	III	R63, R65, R66, R50/53	11,34 10 ⁻⁴ - 17,01 10 ⁻⁴
Glyphosate	3800	1	2,85-14,2	III	Xi, N: R41, R51/53	7,5 10 ⁻⁴ - 37·10 ⁻⁴
Imazapyr	5000	2,8	3,57-20,1	III	R36/38, R52/53	19,99 10 ⁻⁴ - 112,5 10 ⁻⁴
Isoxaben	5000	1,12	12,85-17,1	III	N: R50/53	28,78 10 ⁻⁴ - 38,3 10 ⁻⁴
MCPA	765	1,5	3,57-4,28	II	R22 R38 R41 R50/53	70 10 ⁻⁴ - 83,92 10 ⁻⁴
Mecroprop (MCP)	930	2,05	3-3,42	II	Xn,N,F: R22-38-41-50/53-52/53-36-20/21/22-11	66,13 10 ⁻⁴ - 75,39 10 ⁻⁴
Pendimethalin	5000	1,1	10,7-12,8	III	R22, R43, R65, R66, R51/53	23,54 10 ⁻⁴ - 28,16 10 ⁻⁴
Triclopyr	729	4	0,4-0,6	II	R22	21,95 10 ⁻⁴ - 32,92 10 ⁻⁴
Trifluralin	500	1,5	8-9	II	Xi;N,Xn: R36-43-50/53-20/21/22-11-40	0,024-0,027
2,4-D	375	0,5	1,42-1,57	II	R22 R37 R41 R43R52/53	18,93 10 ⁻⁴ - 20,93 10 ⁻⁴

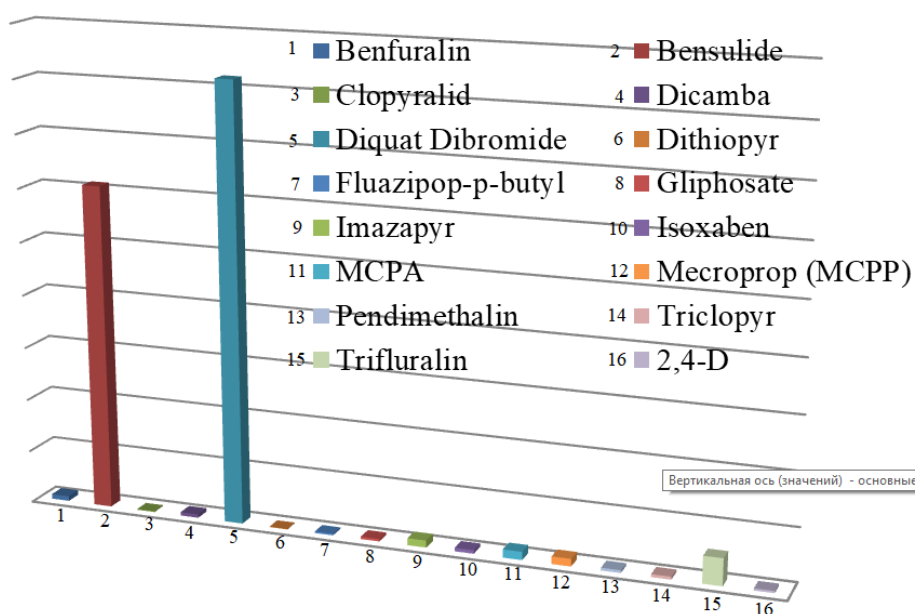


Рисунок 5.15 Діаграма відносної екологічної токсичності інсектицидів

Дикват Дибромід використовується, в основному, як десикант різних бур'янів (Syngenta). В Україні випускається під 23 назвами, зокрема, Сантум, Бумеранг, Дикват М, Диглон, Рассел, Пріам, Ргістан і т.п.

Таблиця 5.12 - Токсикологічні властивості фунгіцидів та інших пестицидів

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
Azoxystrobin	5000	0,15	1,6-1,8	III	N,T: R23-50/53	0,48 10 ⁻⁴ - 0,54 10 ⁻⁴
Myclobutanil	1360	0,2	9,42-10	III	Xi, Xn, N: R22, R36,, R50/53, R63.	13,85 10 ⁻⁴ - 14,71 10 ⁻⁴
Propiconazole	1517	2	6,12-10	III	Xn,N,T: R22-43-50/53-39/23/24/25-23/24/25-11	80,69 10 ⁻⁴ - 131,8 10 ⁻⁴
Thiophanate methyl	6640	0,5	1	III	N,Xn: R20-43-50/53-68	7,53 10 ⁻⁵
Ziram	1400	2	7-7,4	III	T+: R26; R22; R48/22; R37; R41; R43	0,01-0,0105

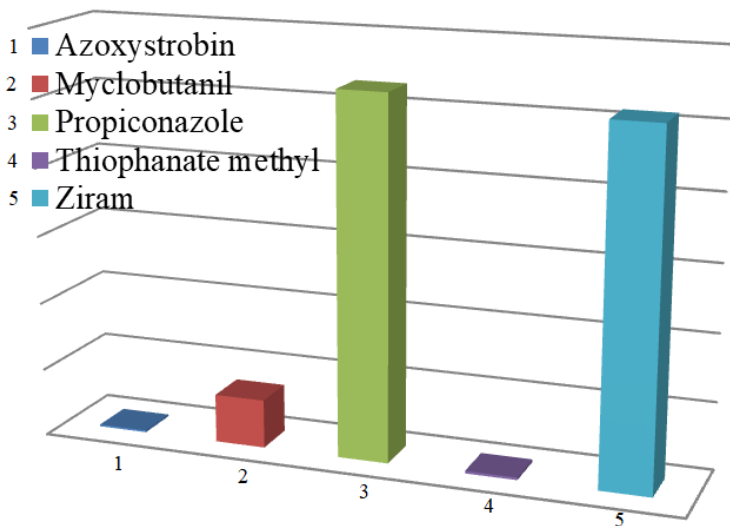


Рисунок 5.16 Діаграма відносної екологічної токсичності інсектицидів

Пропріназол та Зірам є фунгіцидами для боротьби з різними грибками (Bayer). Ці пестициди відносять до 3 класу небезпеки і в порівнянні з інсектицидами і гербіцидами є більш безпечними.

Отже, для підвищення рівня екологічної безпеки варто враховувати дані формули екологічної токсичності і, по-можливості:

- використовувати замість екотоксичних пестицидів аналоги з меншими значеннями токсичності;
- зменшувати період напіврозпаду найбільш токсичних пестицидів шляхом внесення їх на сільськогосподарські культури, що ростуть на кислих або лужних ґрунтах. За таких умов період напіврозпаду і екотокс пестицидів може зменшуватися в десятки разів при сталій ефективності пестициду;
- контролювати значення витрати пестициду на одиницю площі;
- використовувати суміші пестицидів, які значно ефективніші, а тому, вносяться в значно менших кількостях, що зменшує екотокс.

При незначних відхиленнях у кислотності ґрунтів період напіврозпаду значно зменшується за рахунок посилення хімічних реакцій гідролізу у ґрунті. Наприклад для інсектициду Імідаклопрід (Конфідор) період напіврозпаду зменшується з 27 тижнів до 4,2 тижнів при значеннях рН ґрунту менше 5 або більше 9 [166]. Деякі пестициди стійкі до дії кислих ґрунтів, а деякі навпаки до лужних умов середовища. Отже, підбираючи пестицид відповідно до параметрів ґрунту, можна значно збільшити екологічну безпеку і знизити екотокс.

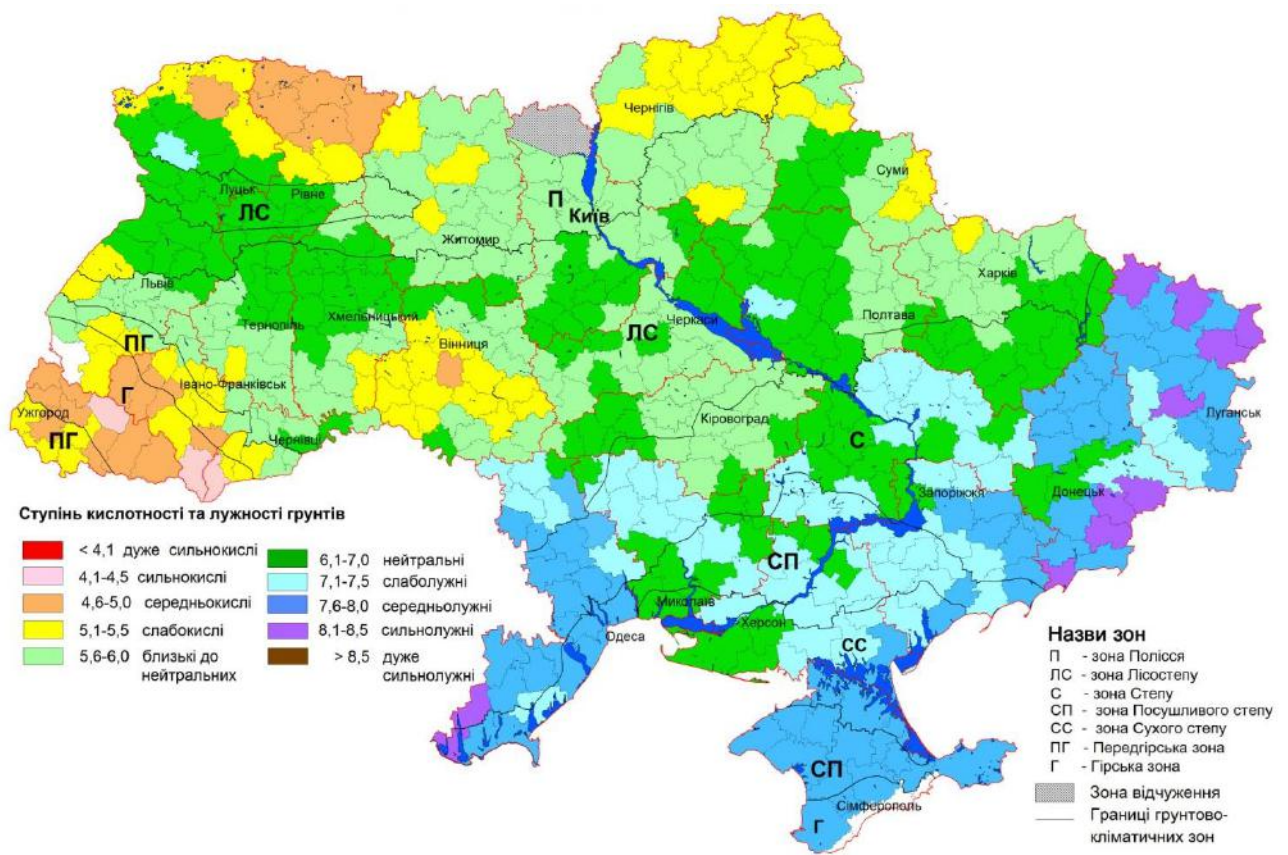


Рисунок 5.17 – Значення кислотності ґрунтів України за даними агрохімічної паспортизації 2006-2010 років [265]

Отримані дані кардинально змінюють відношення до пестицидів, які вважаються небезпечними для довкілля та людини. Отже, серед 30 найбільш вживаних в Україні і світі отруйними для довкілля і людини є гербіциди Бенсулід та Дикват дибромід, а також інсектициди Імідаклопрід і Біфентрин.

При цьому нами вперше використано методику розрахунку екотоксичності пестицидів для визначення найбільш небезпечних для довкілля та людини, що дозволить врахувати існуючу небезпеку та зменшити їх використання. Також вперше використано методику розрахунку екотоксичності пестицидів для коригування умов внесення пестицидів у різні за кислотністю ґрунти, що дозволить зменшити період напіврозпаду пестицидів і тим самим зменшити екологічну шкоду довкіллю та людині. Результати даної роботи можуть бути використані при плануванні та розрахунках внесення пестицидів у різні сільськогосподарські культури.

5.6 Висновки до розділу 5

1. Розроблено і обґрунтовано оптимальні форми інтегрованого управління екологічною безпекою місць зберігання залишків НП, тари та упаковки, а також ремедіації, рекультивації і відновлення забруднених ними ґрунтів.
2. Здійснено аналіз методів відновлення забруднених пестицидами та ХЗЗР ґрунтів. При цьому наведено схемно-технологічну логістику відновлювальних робіт, що дозволяє ефективно управляти екологічною безпекою місць зберігання та поводження з відповідними хімікатами.
3. Розроблено екологічно безпечні фіторемедіаційні методи відновлення забруднених пестицидами ґрунтів. В результаті констатується, що в умовах лісостепу з його значними запасами чорнозему та інших родючих ґрунтів найбільш прийнятним є комплексний метод, який базується переважно на біодеградації НП з використанням резистентних мікроорганізмів та фіторемедіації рослинами-гіперакумуляторами з можливим залученням ефекторів фітотоксикації та стимуляторів росту для підвищення виносу НП із ґрунту, зокрема, за допомогою азот фіксуючих бактерій з використанням наприклад: квасолі, соняшнику, полину тощо.
4. Обґрунтовано заходи екологічної безпеки непридатних складів та сховищ отрутохімікатів і відновлення забруднених ними земель. В результаті розроблена логістичне схемно-технічне рішення щодо поводження з безхозними складами ХЗЗР, а також наведена оцінка вартості відновлювальних робіт.
5. Розроблена управлінська логістика з утилізації та переробки тари і упаковки з-під пестицидів та небезпечних матеріалів і речовин. Проаналізовано стан поводження з тарою в Україні у порівнянні з ЄС. В результаті рекомендується інтенсифікувати процес організації збору та сортування таких відходів з розробкою механізму економічної зацікавленості у поверненні тари, а також створення вітчизняних ліцензованих підприємств по переробці не тільки НП та ПБВ, але і тари з під них.

6. Розроблено методику оцінювання екологічної небезпеки органічних забруднювачів за допомогою методу екотоксів. Подається перелік пестицидів найбільших виробників, що імпортуються в Україну, та токсикологічні властивості інсектицидів та гербіцидів. При цьому проаналізовано їхня дія в залежності від кислотності (лужності) ґрунтів України, що може бути використано для розрахунків внесення НП у різні сільськогосподарські культури.

Матеріали розділу базуються на роботах автора [2,13,14,26,32- 37].

РОЗДІЛ 6 УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ НЕПРИДАТНИХ ПЕСТИЦИДІВ ТА НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН І ВАНТАЖІВ

6.1 Законодавчі вимоги щодо безпечного транспортування пестицидів та інших токсичних речовин

Сфера діяльності держави, що пов'язана, у тому числі, і з транспортуванням небезпечних речовин, зокрема, НП та ПВВ базується на Законах України «Про пестициди і агрохімікати», (ст.11, 86/95 ВР); «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення», (4004-12); «Порядок надання дозволу на ввезення та застосування незареєстрованих пестицидів і агрохімікатів іноземного виробництва» (288-96-п), а також Наказ МОЗ України №1 від 03.08.1998 року «Транспортування, зберігання та застосування пестицидів у народному господарстві» (ДСП 8.8.1.2.001098), розділ 4 та ін.

У них, серед іншого, зазначається, що пестициди відносяться до небезпечних вантажів, які потребують спеціальних умов їх транспортування та виконання вантажно-розвантажувальних, зокрема, перезатарювання, робіт. Як вантажі, ПП класифікуються за рівнем токсичності і небезпечності, а саме: 1) легкозаймисті рідини (ЛЗР); 2) легкозаймиті речовини та матеріали (ЛЗМ); 3) речовини, що окислюються (ОР); 4) органічні перекиси (ОП); 5) отруйні речовини (токсичні) (ТР); 6) їдкі і корозійні речовини (ІР); 7) інші небезпечні речовини. При цьому небезпечні вантажі з ХЗЗР розділяються на групи:

- високого ступеня небезпечності (група пакування 1) – вантажі у сталевих бочках, контейнерах;
- середнього ступеня небезпечності (група 2) – у тарі з полімерних матеріалів, дерев'яних ящиках;
- низького ступеня небезпечності (група 3) – у паперових мішках, картонних ящиках та ін.

Пестициди перевозяться тільки на спеціальних транспортних засобах (залізничні вагони, морські та річкові судна, літаки, автомобілі) тощо. Транспортування пестицидів разом з іншими вантажами забороняється. Безпечні правила поведіння з ПП при їх перевезенні вписані у п.п. 4.1.5, 4.2.6, 4.2.11 у відповідному наказі МОЗ України (ДСП 8.8.1.2.001-98).

6.1.1 Особливості та основні запобіжні заходи щодо перевезення НП та ПВВ різними видами транспорту:

1. Залізничний транспорт

НП та ПВВ перевозяться тільки у спеціальних вагонах [відповідно Наказу МОЗ України №1 від 03.08.1998], цистернах, контейнерах. Тара має бути міцна та герметична. Вантаж повинен бути сертифікованим із зазначенням необхідних заходів безпеки. Підготовка вагонів і цистерн, їх очищення і миття здійснюють спеціальні залізничні підприємства. Вантажі пробуються із маркуванням як небезпечні. Навантаження і розвантаження ПП здійснюється на спеціальних майданчиках на відстані не менше 200 м від житлових приміщень та тваринницьких комплексів. У випадку ушкодження тари необхідно вжити негайних заходів для збирання залишків, зокрема, у залишену тару. У випадку виникнення аварійної ситуації під час перевезення ПП, НП та ПВВ залізницею необхідно: 1) припинити рух; 2) викликати аварійно рятувальний потяг; 3) сповістити місцеві органи влади; 4) ізолювати небезпечну зону в радіусі від 200 м до 100 м; 5) вжити заходів по збиранню розсипаних або розлитих ПП; 6) знезаразити місця розливу; 7) здійснити необхідні процедури, якщо є потерпілі особи та за необхідності госпіталізувати їх у найближчі медичні заклади.

2. Водний транспорт.

Транспортування НП та ПВВ може здійснюватися тільки спеціальними вантажними судами, приміщення яких повинні бути старанно промиті, зачищені і просушені. Бездоганно повинна працювати вентиляційна система судна. Вантаж має відповідне маркування на не менше ніж 20 % місць без торгових наймену-

вань, а також повинен відповідати «Конвенції по охороні людського життя на морі»(995-238,1960р.).

Зрозуміло, що має бути категоричне виключення надходження шкідливих (токсичних) речовин у НС. Не дозволяється перепаковувати небезпечні вантажі на судні під час рейсу. Ці роботи мають виконуватись тільки у першому попутному порту. Для ліквідації аварійних ситуацій при перевезенні ПП водним транспортом виділяються спеціально навчені аварійні бригади. В разі потрапляння у море ПП, НП та ПВВ вживаються масштабні заходи із застосуванням спеціальних очисних технологій.

3. Автомобільний транспорт.

Транспортування ПП, НП та ПВВ з базових складів і сховищ до місць їх переробки чи утилізації здійснюється за допомогою спеціально обладнаного транспорту лише за затвердженим маршрутом руху і погодженням з сан- та державтоінспекцією, а також місцевими органами влади. Автотранспорт повинен мати сигнальне фарбування зі знаками «Отрута. Небезпечно» та ін. Транспортування здійснюється у супроводі проінструктованих осіб водієм, що пройшов спеціальний інструктаж. Швидкість руху з небезпечним вантажем не повинна перевищувати 40 км/год, а у дощ, туман і снігопад – не більше 20 км год. Під час перевезення вибухонебезпечних речовин здійснюються додаткові протипожежні та інші упрежувальні заходи безпеки. Особлива увага при цьому приділяється балонам, наприклад, з фумігантами. В разі аварії необхідно негайно вжити всіх можливих заходів до нерозповсюдження ПП у НС (роздування вітром, розливання дощем тощо). Для ліквідації аварійних ситуацій залучаються спеціальні бригади, які пройшли навчання безпечним прийомам аварійно-рятувальних робіт з пестицидами.

Перевезення пестицидів повітряним транспортом здійснюється відповідно «Правилам перевезення небезпечних вантажів повітряним транспортом» та діючих нормативно-інструктивних документів. При цьому повітряний транспорт для перевезення значних об'ємів токсичних речовин використовується вкрай рідко, а

застосовують його, частіше всього, для обробки хімікатами сільськогосподарських угідь та для внесення мінеральних добрив.

Таблиця 6.1 – Класифікація вантажів і речовин за ступенем екологічної небезпечності при транспортуванні (відповідно до наказу мінінфраструктури №126 від 04.04.2017р)

Токсичність	Ступінь небезпечності речовин		
	Високий (група пакування 1)	Середній (група пакування 2)	Відносно низький (група пакування 3)
При потраплянні у шлунок ЛД ₅₀ , мг/кг, не більше	5	50	500
При потраплянні на шкіру ЛД ₅₀ , мг/кг, не більше	40	200	1000
При вдиханні, зокрема, пилу ЛД ₅₀ , мг/кг, не більше	0,5	2	10

Наразі в Україні ще зберігається близько 20 тис. тонн. облікованих непридатних пестицидів, а необлікованих і тих, які ввозяться в державу зовні контрабандними шляхами є значно більше. Частина з них декілька років тому намагалися перезатарити та вивезти за межі держави на переробку, зокрема, до Польщі, Франції та ін. Повні дані про об'єми вивезення та обсяги фінансування невідомі, оскільки перевізник заключав договори з мінекологією, обласними та районними адміністраціями і громадами.

З того часу більше кошти з державного бюджету на утилізацію НП та ПВВ не виділялися. Власних підприємств по переробці чи спалюванню пестицидних відходів донедавна не було. Зараз засновано одне ліцензоване підприємство «Еконова» у м. Баранівка Житомирської області. Однак, в силу фінансових та організаційних обмежень цей завод по спалюванню відходів не запрацював на повну потужність. Транспортування НП та ПВВ до інших країн обмежується значними фінансово-економічними труднощами, корупційною складовою, транспортними

проблемами. Відтак, розв'язання цієї дилеми схиляється на користь будівництва або вітчизняних заводів по знешкодженню, утилізації чи переробці НП та ПВВ, або виготовлення декількох пересувних мобільних установок комплексної утилізації (термічні методи з можливістю реагентної переробки ПП). Ці мобільні комплекси добре себе зарекомендували у передових країнах Європи та світу.

При цьому транспортування НП та ПВВ ві місць зберігання до місць їх переробки чи утилізації супроводжується значною небезпекою для довкілля і людини.

Аварій і небезпечних подій під час ТНВ з катастрофічними наслідками у світі безліч. Прикладом може слугувати недавній випадок з витоком пестицидів у річку Рось через порушення правил транспортування бутлів з токсичними речовинами, які не були належним чином закріплені у кузові мікроавтобуса тощо. Це завдало значної шкоди водним екосистемам Росі, зокрема, іхтіофауни та ін.

Відтак, обґрунтування та модифікація моделей техногенно-антропогенних ризиків, розроблення оптимальних форм безпечних для довкілля і людей маршрутів при перевезенні небезпечних речовин і вантажів, у тому числі НП та ПВВ, є актуальним завданням серед інших проблем інтегрованого управління та поводження з небезпечними відходами.

6.2 Обґрунтування моделей техногенно-антропогенних ризиків при транспортуванні небезпечних вантажів і відходів

Перевезення та транспортування небезпечних вантажів (ТНВ), у тому числі і НП та ПВВ, з місць складування (зберігання) до місць переробки (утилізації) є надзвичайно гострою екологічною проблемою держави. Це пов'язано з можливими ризиками катастрофічних наслідків транспортних подій для людей і довкілля. Тому необхідність мінімізації ризиків таких транспортних аварій, а також ефективної ліквідації та усунення негативних наслідків є важливою науково-технічною проблемою, яка потребує свого вирішення.

Відтак, ризик небезпечних подій при транспортуванні НП та ПВВ є багатофакторним, який залежить від атмосферних умов, якості дорожнього покриття, густоти руху, природи вантажів тощо. Зрозуміло, що ПП є токсичними сполуками

і в результаті аварійної ситуації чи інциденту, потрапивши у навколишнє середовище, можуть викликати масові отруєння живих систем і навіть їх загибель.

При цьому оцінювання ризику зводиться до ймовірності виникнення небажаної події та її наслідків. Він залежить також від функції оцінки шляху l , який складається, у свою чергу, з багатьох окремих ділянок i . Тому традиційно і спрощено його записують у такій формі:

$$TR(r) = \sum_{i=1}^n p_i C_i, \quad (6.1)$$

де p_i – імовірність виникнення аварії на i -тій ділянці шляху l ; C_i – величина, яка характеризує наслідки на цій ділянці (або збитки, або шкоду у відповідних одиницях вимірювання). При цьому, звичайно, є більш складні функції ризику ТНВ, які подані у табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Функції оцінки ризику транспортування небезпечних відходів

Вид ризику або його складова частина	Модель	Автор(и)
Ймовірність аварії	$IP(r) = \sum_{i \in r} p_i$	Ф. Саккоманно, А. Чан (1985)
Прийнятний ризик	$PR(r) = \sum_{i \in r} p_i (C_i)^q$	М. Абковіц та ін. (1992)
Умовний ризик	$CR(r) = \sum_{i \in r} p_i C_i / \sum_{i \in r} p_i$	Р. Сівакумар та ін. (1993)
Традиційний ризик	$TR(r) = \sum_{i \in r} p_i C_i$	Е. Альп (1995)
Вплив на населення вздовж маршруту	$Exposure_l = f(V_c, \rho(V_c))$	Р. Батта, С. Чіу (1988)
	$PE(r) = \sum_{i \in r} D_i$	К. Ревелль та ін. (1991)
	$R_{ij}(v_{ij}, v_{ij}) = s_{ij}(v_{ij}) \rho_{ij} u_{ij}$	Ван та ін. (2011)
Середнє відхилення	$MV(r) = \sum_{i \in r} (p_i C_i + k p_i C_i^2)$	Еркут, А. Інголфссон (2000)
Небезпека впливу	$DU(r) = \sum_{i \in r} p_i (\exp(k C_i) - 1)$	
Мінімум-максимум	$MM(r) = \max_{i \in r} C_i$	

У цій таблиці D_i застосовується для визначення загальної чисельності населення чи інших живих систем на ділянці шляху i .

Під час оцінювання ризику розрізняють індивідуальні та соціальні ризики. При цьому індивідуальний ризик [269] зводиться до щорічної частоти смертельних наслідків окремих людей на певній відстані від місця аварії [272]. В результаті складається карта вразливості. Вони поєднуються з ймовірністю настання не-

бажаних подій, які залежать від сезонних особливостей, метеоумов, напрямку вітру тощо. Відтак, величини впливу усіх цих факторів додаються до усіх аварійних випадків (наприклад, витік ПП та потрапляння його у навколишнє середовище) з відповідними наслідками для окремого індивідууму і тоді сумарний індивідуальний ризик визначається виразом:

$$IR_p = \sum_{i=1}^{N_{rel}} \left[\int_L f_{rel}(i,t) \bar{R}_{Q(t) \rightarrow P}(i) dt \right], \quad (6.2)$$

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

Оцінювання соціального ризику здійснюється за допомогою кривих $F(N)$, де F – частота всіх аварій, які призводять 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 випадків $N_{Q(t)}^{scen}(i, j, \theta)$ 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 $F(N)$ [273].

Отже, методологія оцінки ступеня ризику транспортування НП та ПВВ може бути подана такою логічною схемою, представленою на рис.6.1.

При цьому раніше розроблені, а нами удосконалені безпечні технології управління ризиками ТНВ[178,271]. Вони передбачають перенаправлення маршрутів, ймовірність терористичних атак, операції оперативного реагування за використанням глобальних навігаційних систем і обладнання зв'язку, які дозволяють приймати оперативні рішення. Ключовим етапом управління ризиком є його розподіл на дві фази: передзагрозну (тобто до НС) та післязагрозну (після настання аварійної ситуації). Перша включає ідентифікацію ризику та можливість його зменшення, а післязагрозна фаза передбачає аварійне реагування, відновлення

пошкоджених об'єктів і територій та їх реконструкція і відновлення.



Рисунок 6.1 – Методологія оцінки ризиків транспортування небезпечних речовин та вантажів

Таким чином, встановлено, що потенційну загрозу, а також величину негативних наслідків можна оцінити кількісно з певною ймовірністю, а це, у свою чергу, дає можливість спрогнозувати дії, управляти ними і вживати відповідних управлінських рішень та заходів щодо попередження загроз або їх усунення як під час передзагрозою, так і післязагрозою фаз.

6.3 Обґрунтування безпечних маршрутів при перевезенні небезпечних речовин і відходів

Планування та обґрунтування безпечних маршрутів при транспортуванні НП та ПВВ є актуальною науково-практичною проблемою [26,160,178,181,267,268,270,271,272,274-280]. При цьому транспортування може бути розглянуте як лінійне джерело ризику внаслідок того, що емісія (витік та поширення шкідливих речовин у НС) може відбуватися на кожній ділянці дороги. Тобто транспортний засіб (ТЗ), який перевозить небезпечні речовини, може розглядатися як джерело ризику на маршруті. Крім того, конструкції та види ТЗ з від-

повідним обладнанням відрізняються один від одного та сильно залежать від особливостей речовин та вантажів, що транспортуються. Найбільше ризик залежить від особливостей транспортної мережі, і більша ймовірність настання аварії саме на швидкісних ділянках. Зрозуміло, що сезонність та метеоумови теж впливають на сценарії, що визначають ризик на маршруті. При цьому характеристики транспортних засобів для перевезень НР та НВ подані у [279] та Консультативному Комітеті з небезпечних речовин (1991). [25, 159, 177, 266- 273].

Аналіз небезпечних ефектів, викликаних надзвичайними ситуаціями під час ТНВ, передбачає врахування числа людей, залучених в результаті нещасного випадку, та масштаб порушеної аварією зони. Нещасні випадки під час ТНВ поділяють на три категорії: 1) викид речовин отруйних для здоров'я людини та довкілля; 2) викид теплової енергії (пожежі тощо); 3) викид тиску (вибух) тощо. При цьому, як ми повідомляли раніше, найкраще подавати ризик під час ТНВ саме кривою $F(N)$, де F – частота нещасних випадків, а N – число жертв. Щоб її обчислити треба ще мати дані про кількість поїздок щорічно, про частоти нещасних випадків, масштаби зони, щільність населення в зоні (витоку) аварії та ін. [276]. Це може бути подано виразом [274- 279].:

$$R = f(F) = f\left(F_0 \prod_{j=1}^n d_j\right), \quad (6.3)$$

де γ_j – частота випадків, очікувана на i -тій ділянці шляху l з відповідною дорожньою довжиною (км); n_j – номер подій; γ_0 – основна частота (км нещасних випадків на одну подію); d_j – параметри дороги та особливостей руху на ній, табл. 6.3-6.5. Вони можуть бути поділені на 6 і більше категорій [276,277,26], зокрема: d_1 та d_2 – параметри, що характеризують геометричні та ландшафтні особливості дороги; d_3 – тип шосе; d_4 – атмосферні умови; d_5 – тип та інтенсивність руху; d_6 – присутність тунелів та мостів; d_7 – особливості вантажу (рідкий, твердий, сипучий, токсичний, вибухонебезпечний) та транспортного засобу (вантажопідйомність, тип причіпу) тощо.

Таблиця 6.3 – Параметри взаємозв'язку з особливостями дороги

Особливості дороги	d1	d2	d3	d6
Пряма дорога	1			
Крива дорога (радіус більше 200 м)	1,3			
Крива дорога (радіус менше 200 м)	2,2			
Рівна дорога		1		
Зростаюча дорога (градієнт менше 5 %)		1,1		
Дорога з крутим підйомом (градієнт більше 5 %)		1,2		
Дорога зі спуском (градієнт менше 5 %)		1,3		
Дорога з крутим спуском (градієнт більше 5 %)		1,5		
Двополосне шосе			1,8	
Двополосне шосе плюс аварійна смуга			1,2	
Триполосне шосе плюс аварійна смуга			0,8	
Тунель				0,8
Міст				1,2

Таблиця 6.4 – Параметри взаємозв'язку з атмосферними умовами

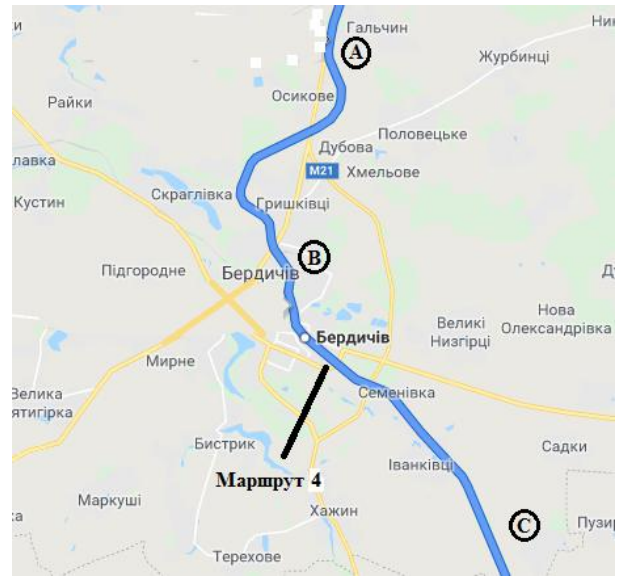
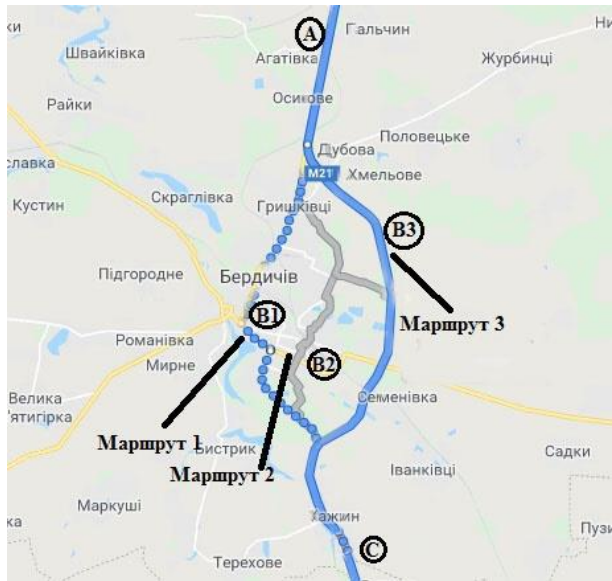
Атмосферні умови	d4
Погода	1
Дощ/туман	1,5
Сніг/лід	2,5

Таблиця 6.5 – Параметри взаємозв'язку з особливостями руху на автостраді

Транспортні особливості	d5
Низька інтенсивність <500 ТЗ/годин	0,8
Середня інтенсивність <1250 ТЗ/годин з напруж. рухом <125 вантаж. авто.	1
Висока інтенсивність > 1250 ТЗ/годин	1,4
Висока інтенсивність <1250 ТЗ/годин з напруж. рухом > 250 вантаж.авто. в	2,4

Інші підходи базуються на моделюванні ефектів, які можуть бути викликані аварією на дорозі. У цьому випадку здійснюється аналіз «дерева цілей», які передбачають оптимізацію: а) технології забезпечення перевезень; б) технології та організації перевезень; в) мережі маршрутів. Крім того, така методологія враховує мінімізацію ризиків при транзиті небезпечних вантажів. Приклад оптимізації перевезень за видом транспортних засобів та можливих маршрутів ілюструється на

рис. 6.2.



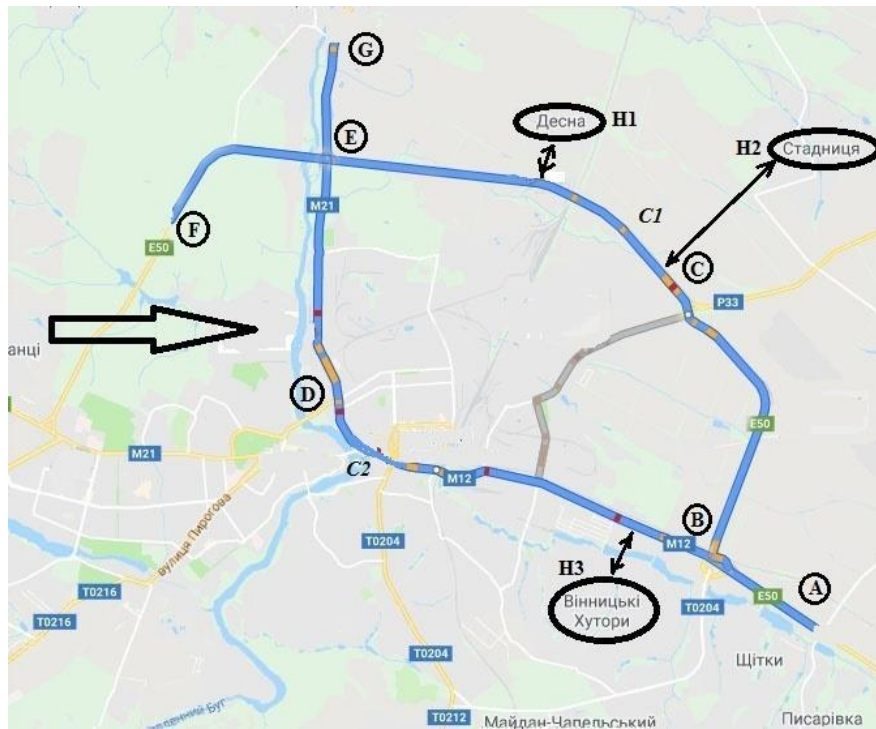
а) автомобільні маршрути

б) залізничні маршрути

Рисунок 6.2 – Схема можливих маршрутів перевезень небезпечних відходів з урахуванням можливих наслідків настання транспортної події

З рис 6.3 та 6.4 випливає, що найбільш виразною є зона небезпеки відносно ділянки В-С-С1-Е, яка обмежена лініями, на яких розташовані станції В,С,Е,Ф і географічні центри ділянок С2, в межах якої розташовані населені пункти Н1 і Н2. При цьому населений пункт Н3 знаходиться вже в іншій зоні небезпеки, формується відносно іншого напрямку вітру та іншої ділянки шляху В-С2-Ф-Е. З рис. 6.3 видно, що межі зон небезпеки можуть бути змінними, в залежності, наприклад, напрямку вітру та конфігурації залізничної мережі.

Отже, оптимізацію транспортних маршрутів та перевезень необхідно здійснювати за певними критеріями, які повинні враховувати необхідність мінімізації ризиків настання транспортних подій з небезпечними вантажами і максимально швидко та ефективно ліквідацію наслідків аварії. При цьому обирається той з маршрутів, де цей критерій ризику буде мінімальним, рис. 6.4



Десна – географічні межі і центр населеного пункту;

→ – переважний напрямок вітру;

↔ – відстані небезпеки.

Рисунок 6.3 – Схема зон і відстаней при перевезеннях небезпечних відходів

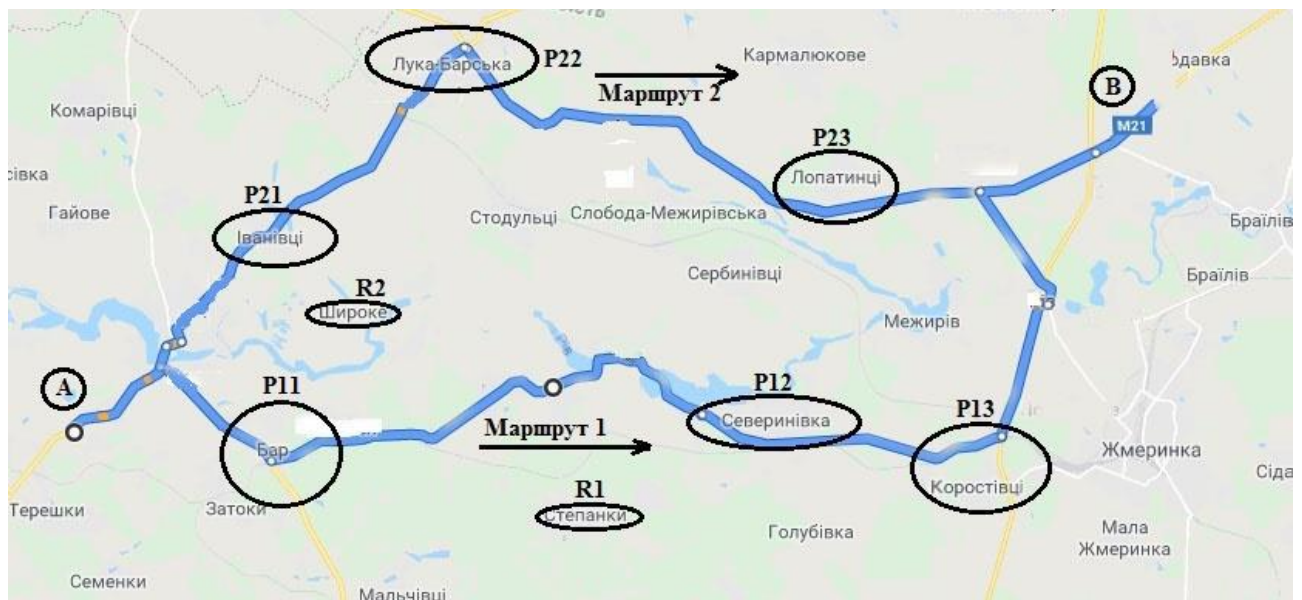


Рисунок 6.4– Схема для визначення комплексного і частинних критеріїв безпеки перевезень

де → – напрямок руху небезпечних вантажів;



– географічні центр і межі населеного пункту і місце дислокації засобів ліквідації наслідків аварії.

Відтак, запропоновано використовувати *комплексний критерій безпеки* \bar{R} . Він може бути добутком декількох частинних критеріїв. При цьому K_1 – це мінімум людино-годин піддання населення та персоналу транспорту дії потенційних факторів можливих аварій. Цей критерій ризику може визначатися для маршруту 1 так [280-292]:

$$K_1 = \sum P_{i1} = \frac{L_1}{V_1} \cdot \sum_{i=1}^{S=1} P_{ij} \rightarrow \min, \quad (6.4)$$

де L_j – протяжність j -го маршруту, км; V_j – маршрутна швидкість, км/год.; S_j – кількість населених пунктів на j -му маршруті; P_{ij} – населення i -го за напрямком руху населеного пункту на j -му маршруті. Аналогічні обчислення можна здійснювати по іншим критеріям K_n , наприклад: K_2 – мінімум людино-годин дії факторів аварії, що відбулась, до початку її ліквідації; K_3 – мінімум часу дії факторів, які залежать від рівня токсичності вилитої речовини, наприклад НП чи ПВВ у навколишнє середовище тощо.

Отже, для оцінки безпечності системи перевезення небезпечних вантажів обґрунтовано рекомендується застосовувати саме комплексний критерій безпеки (критерій ризику) \bar{R} :

$$\bar{R} = \frac{n}{D} K_n = \frac{L_j}{V_j} \sum_{i=1}^{S_j} \cdot \sum_{j=1}^M P_{ij} \cdot \sum_{i=1}^{S_j} \cdot \sum_{j=1}^M \left(\frac{d_{ij}}{v_{ij}} + t_{jk} \right) P_i \rightarrow \min, \quad (6.5)$$

де M – кількість можливих маршрутів; d_{ij} – відстань дислокації до засобів ліквідації аварії; t_{ij} – час розгортання робіт від прибуття пожежних чи інших підрозділів служби НС. Дана формула приведена тільки для двох альтернативних маршрутів, але факторів безпеки і різних маршрутів може бути більше. Тоді розраховується значення кожного із них і який встановить мінімальний ризик, то цей маршрут і обирається найбільш оптимальним.

Таким чином обґрунтована методологія визначення найбільш оптимальних

параметрів транспортної мережі та їх впливу на величину ризику аварійної ситуації і можливих нещасних випадків при транспортуванні небезпечних відходів, у тому числі, НП та ПБВ. При цьому для мінімізації ризиків аварій під час ТНВ запропоновано використовувати комплексний критерій безпеки (критерій ризику) \bar{R} , який дозволяє оцінити безпечність системи перевезень небезпечних речовин та вантажів і обрати для цього найбільш оптимальний і безпечний маршрут.

6.4 Висновки до розділу 6

1. Проаналізовано законодавчі вимоги щодо безпечного транспортування пестицидів та інших токсичних речовин і відходів, а також особливості та основні запобіжні заходи перевезення НП та ПБВ різними видами транспорту. Крім того, наведена класифікація речовин за ступенем небезпечності при транспортуванні таких вантажів.

2. Розроблено методологію оптимальних форм управління при транспортуванні НП та ПБВ і модифіковано моделі техногенно-антропогенних ризиків при транспортуванні небезпечних відходів та вантажів. При цьому удосконалена методологія оцінки ступеня ризику, а також превентивні заходи щодо його попередження та зниження. В результаті ці ризики можна спрогнозувати, управляти ними і вживати заходів щодо попередження загроз або їх усунення.

3. Обґрунтовано методологію безпечних маршрутів при перевезенні НП та ПБВ, яка базується на параметрах взаємозв'язку з особливостями дороги, атмосферних умов та руху на автостраді. Методологія може бути приведена до форми прикладної комп'ютерної програми для практичного застосування при плануванні перевезень. Побудовано дерево мінімізації ризиків та наведено конкретні приклади розрахунків можливих маршрутів, зон і відстаней для комплексного визначення частинних критеріїв безпеки перевезень.

Матеріали розділу опубліковано у роботах [15,16,19,25].

РОЗДІЛ 7 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЧНОЇ ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЇ БАЗИ У СФЕРІ УПРАВЛІННЯ ТА ПОВОДЖЕННЯ З НЕПРИДАТНИМИ ПЕСТИЦИДАМИ ТА НЕБЕЗПЕЧНИМИ ВІДХОДАМИ

7.1 Інтеграція природоохоронного законодавства України у сфері поводження з відходами, некондиційними пестицидами до вимог Європейських стандартів

Одним із пріоритетних напрямків розвитку України, як правової держави, спрямованої на ЄС, є гармонізація її сучасного природоохоронного законодавства до Європейських стандартів, адаптація положень нормативно-правових актів, у тому числі щодо відходів, і небезпечних, зокрема. При цьому законодавча база про відходи в Україні потребує значної модифікації. Відтак, вдосконалення нормативно-правових актів у сфері поводження з відходами є важливим завданням нашої держави в плані безпосередньої інтеграції (імплементатії) Директив ЄС до національного законодавства. У Цьому контексті у 2014 році Розпорядженням Кабміну України «Про імплементатію Угоди про асоціацію між Україною і ЄС» було затверджено план заходів з імплементатії Директив ЄС. Враховуючи необхідність внесення змін, визначено найоптимальніші шляхи гармонізації вимог Директив у національне законодавство, зокрема, у Закон України «Про відходи» тощо. Крім цього, необхідно також замінити діючий класифікатор відходів ДК-005-96 на Перелік відходів, перейменувати ДСан ПІН 2.27.029-99, діючі ДБН В 2.4-4:2010, В 2.4-2-2005 стосовно полігонів відходів та інші [44, 293-298].

Для України в галузі охорони довкілля впровадження законодавства ЄС здійснюється за вісьмома секторами, регламентується 29 джерелами права, а саме: Директивами та Регламентами у цій сфері. Останні, у свою чергу, встановлюють загальні правила і стандарти, які мають бути перенесені Україною до внутрішньо-державного права. При цьому, документи ЄС встановлюють саме кількісні та якісні результати, яких треба досягти кожній Європейській країні протягом певного

часу. Директиви встановлюють цілі, а методи і засоби їх досягнення лежать на відповідальності кожної країни.

Право у сфері управління відходами представлено у ЄС більше ніж 10 Директивами, а саме: 2008/98/ЄС (про відходи (рамкова)), 1999/31/ЄС (про захоронення відходів), 2006/21/ЄС (про управління відходами) та інші. Пріоритетною метою їх усіх є перетворення відходів на ресурси та зниження обсягів їх утворення. Тому Україна стоїть перед необхідністю переходу на нову концептуальну основу поводження з відходами, яка забезпечуватиме «кругову» економіку з каскадним використанням ресурсів і мінімізацією обсягів залишкових продуктів, тобто наближення країн ЄС до «суспільства рециклінгу», або повторного їх використання. Відтак, базові орієнтири цих Директив зазначені на схемі 7.1.

Тому проблема поводження з відходами на державному рівні повинна розв'язуватись шляхом впровадження ефективного законодавчого регулювання з врахуванням національних особливостей та позитивного досвіду Європейських країн та Європейського законодавства.

Що стосується небезпечних відходів, то поводження з ними регламентується Директивою 91/689/EWG, а також 75/441/EWG. Ці та інші Директиви визначають поняття небезпечних відходів, регулюють проблемні питання поводження з токсичними відходами, висувають вимоги з ліцензування, переробки, знищення тощо.

Зрозуміло, що зазначені Директиви впроваджують значно суворіші процедури видачі дозволів та контролю установ і підприємств-виробників небезпечних відходів, ведення їх реєстру, ніж звичайних відходів. В таблиці 7.1 представлено перелік властивостей відходів, які роблять їх небезпечними.

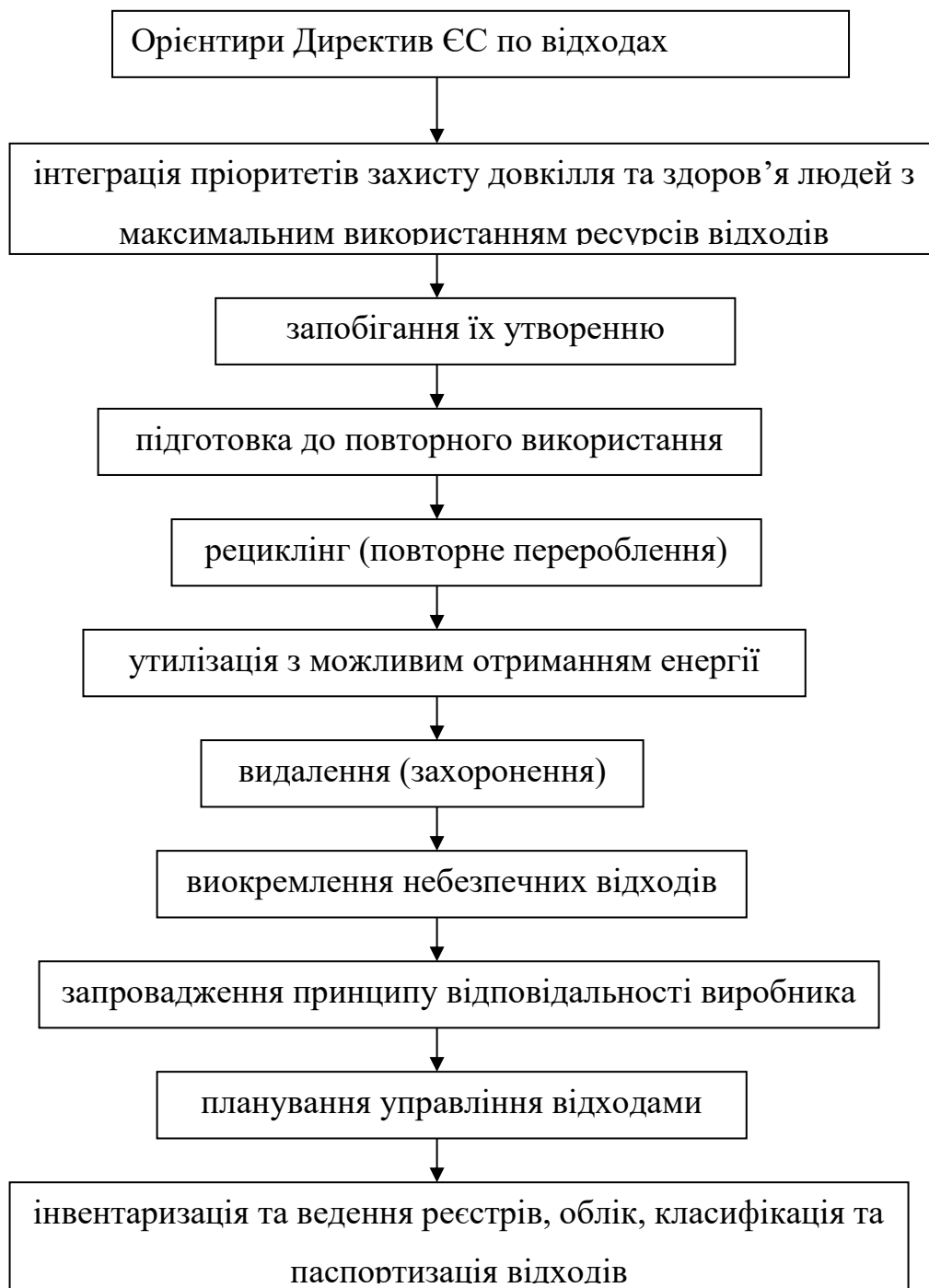


Рисунок 7.1 – Алгоритмічна схема основних орієнтирів Директив по відходах, в тому числі і небезпечних

Таблиця 7.1 – Перелік властивостей відходів, які роблять їх небезпечними

Код	Назва відходів	Характерні особливості
Н 1	вибухові	речовини та препарати, які можуть вибухнути від полум'я або які є більш чутливими до ударів чи тертя ніж динітробензол
Н 2	такі, що окислюються	речовини та препарати, які проявляють високо екзотермічні реакції при контакті з іншими речовинами, частково займистими
Н 3	високо займисті	<ul style="list-style-type: none"> - рідкі речовини та препарати, точка займання яких нижче 21 °С (включаючи високо займисті рідини); - речовини та препарати, які можуть нагрітися та зрештою зайнятися від контакту з повітрям при кімнатній температурі без застосування енергії; - тверді речовини та препарати, які можуть швидко зайнятися від короткого контакту з джерелом запалювання та які продовжують горіти або самознищуватись після усунення джерела запалювання; - газоподібні речовини та препарати, які запалюються від контакту з повітрям за умов нормального тиску; - речовини або препарати, які від контакту з водою чи вологим повітрям виділяють високо займисті гази в небезпечній кількості
Н 3-В	займисті	рідкі речовини та препарати, точка займання яких дорівнює або більше 21 °С та менше або дорівнює 55 °С
Н 4	подразники	не корозійні речовини та препарати, які при безпосередньому, продовженому або повторюваному контакті зі шкірою чи слизовою оболонкою можуть спричинити запалення
Н 5	шкідливі	речовини та препарати, які при вдихання чи ковтанні, або при проникненні через шкіру можуть становити обмежений ризик для здоров'я
Н 6	токсичні	речовини та препарати, (включаючи дуже токсичні речовини та препарати), які при вдиханні чи ковтанні, або при проникненні через шкіру можуть становити серйозну, гостру чи хронічну загрозу для здоров'я та навіть призвести до смерті
Н 7	канцерогенні	речовини та препарати, які при вдиханні чи ковтанні, або

Код	Назва відходів	Характерні особливості
		при проникненні через шкіру можуть викликати рак чи збільшити його ступінь дії
H 8	корозійні	речовини та препарати, які можуть знищити при контакті живу матерію
H 9	інфекційні	речовини та препарати, які містять живі мікроорганізми або їх токсини, які відомі, або вважається, що вони викликають захворювання у людей чи інших живих організмів
H 10	токсичні для репродукції	речовини та препарати, які при вдиханні чи ковтанні, або при проникненні через шкіру можуть спричинити неспадкові вроджені пороки або збільшити їх ступінь дії
H 11	мутагенні	речовини та препарати, які при вдиханні чи ковтанні, або при проникненні через шкіру можуть спричинити спадкові генетичні види або збільшити їх ступінь дії
H 12	-	відходи, випускають токсичні або дуже токсичні гази при контакті з водою, повітрям або кислотою
H 13	сенсibiliзуючі	речовини та препарати, які при вдиханні або при проникненні через шкіру можуть спричинити реакцію надмірної чутливості таким чином, що при подальшому контакті з речовиною або препаратом з'являються характерні негативні ефекти
H 14	екотоксичні	відходи, які представляють або можуть представляти безпосередній або віддалений ризик для одного або більше секторів довкілля
H 15	-	відходи, здатні будь-яким чином після ліквідації виробити іншу речовину, наприклад, стічні води, яким притаманні одна або більше вищеназваних характеристик

Відповідно рішень Єврокомісії 2000/532/ЄС до небезпечних відходів відносять такі, які мають відповідні властивості:

- температура займання менша або дорівнює 55 °С;
- вміст одного або більше компонентів, класифікованих як сильнодіючі отруйні (токсичні) речовини, перевищує 0,1 %;

- вміст одного або більше компонентів, класифікованих як токсичні речовини, перевищує 3,0 %;

- вміст одного або більше компонентів, класифікованих як небезпечні речовини, перевищує 25,0 %;

- вміст одного або більше їдких компонентів, класифікованих символом R35, перевищує 1,0 %;

- вміст одного або більше їдких компонентів, класифікованих символом R34, перевищує 5,0 %;

- вміст одного або більше подразнюючих компонентів, класифікованих символом R41, перевищує 10,0 %;

- вміст одного або більше подразнюючих компонентів, класифікованих символом R36, R37, R38 перевищує 20,0 %;

- вміст одного компоненту, відомого як канцероген класу 1 або 2, перевищує 0,1 %;

- вміст одного компоненту, відомого як канцероген класу 3, перевищує 1,0 %;

- вміст одного компоненту, який проявляє репродуктивну токсичність класу 1 або 2 та класифікований символом R60, R61, перевищує 0,5 %;

- вміст одного компоненту, який проявляє репродуктивну токсичність класу 3 та класифікований символом R62, R63, перевищує 5,0 %;

- вміст одного мутагенного компоненту класу 1 або 2 та класифікованого символом R46, перевищує 0,1 %;

- вміст одного мутагенного компоненту класу 3 та класифікованого символом R40, перевищує 1,0 %.

Згідно з Додатком 3 до Директиви 91/689/ЄЕС при оцінці небезпеки відходів необхідно враховувати такі їхні властивості: як вибухо- та вогненебезпечність, здатність виділяти вогненебезпечні гази при взаємодії з водою, окислювальну здатність, інфікованість забрудників небезпечних хвороб людини або інших живих організмів, здатність виділяти токсичні гази при контакті з повітрям чи во-

дою, здатність якимось чином після видалення утворювати інші матеріали. У додатку ТІ до Директиви 91/689/ЄЕС перераховані хімічні сполуки, наявність яких у відходах перетворює останні в небезпечні. Але при цьому необхідно враховувати як їхню концентрацію, так і вид небезпечного впливу (токсичність, подразнююча дія, канцерогенність і т.п.). Гармонізований перелік хімічних речовин із зазначенням їх класифікації та маркування приведений в таблиці 3.1 додатку VI «Гармонізована класифікація та маркування відомих небезпечних речовин» до Регламенту ЄС 1272/2008 від 16.12.2008 р. «Щодо класифікації, маркування та пакування хімічних речовин та сумішей».

Важливими Директивами є правові документи, які регламентують спалювання відходів: 89/369/ЄВГ, 89/429/ЄВГ, а також спалювання небезпечних відходів 94/67/ЄВ. Головною метою цих документів є запобігання або мінімізація негативного впливу сміттєспалювальних підприємств на довкілля і здоров'я людей.

Директива ЄС 76/403 або 96/59 призначена регулювати знезараження та захоронення всіх продуктів, які містять РСВ/РСТ (поліхлорбіфеніли/поліхлортерфеніли). При цьому члени ЄС розробили плани і поступово реалізують їх знищення з допомогою відповідних технологічних процесів і систем. В ЄС діють також спеціальні нормативні акти, які регулюють транспортування відходів, у тому числі і небезпечних, їх ввезення і вивезення з території ЄС.

Отже, зазначенні нормативно-правові та інші акти становлять основу системи управління відходами у країнах ЄС. Вони є правовим інструментом запобігання всезростаючих обсягів відходів у європейських країнах. При цьому згідно з європейською практикою проблема відходів розглядається як один із важливих чинників екологічної безпеки. Тому при вирішенні цієї проблеми варто оцінювати відходи і як ресурсне джерело (повторне використання), так і екологічно небезпечний фактор.

Крім Директив, є і інші правові документи, які визначають стратегію та політику у цій сфері. Це і відповідні Резолюції ЄС, Стратегія ЄС щодо управління відходами, Резолюції Ради ЄС та Європарламенту, Рапорти Єврокомісії та інші.

Крім того, проблематику відходів внесено також у так звані Програми дій різних років, які регламентують утилізацію відходів, накопичення, запобігання їх утворенню, безпечну утилізацію, впровадження «чистих технологій» та «чистих продуктів» тощо. При цьому шоста Програма дій «Наше майбутнє, наш вибір» закладає далекосяжні цілі у сфері управління відходами, а саме:

- обмеження кількості відходів, які підлягають складуванню: на 20 % до 2000 року і на 50 % до 2050 року;
- пропагуванню переробки і технологій повторного використання відходів;
- ПВВестування у цільові науково-технічні розробки, зокрема, з безвідходного виробництва тощо.

Рамкова Директива про відходи також встановлює чітку послідовність дій з управління відходами (рис. 7.2).

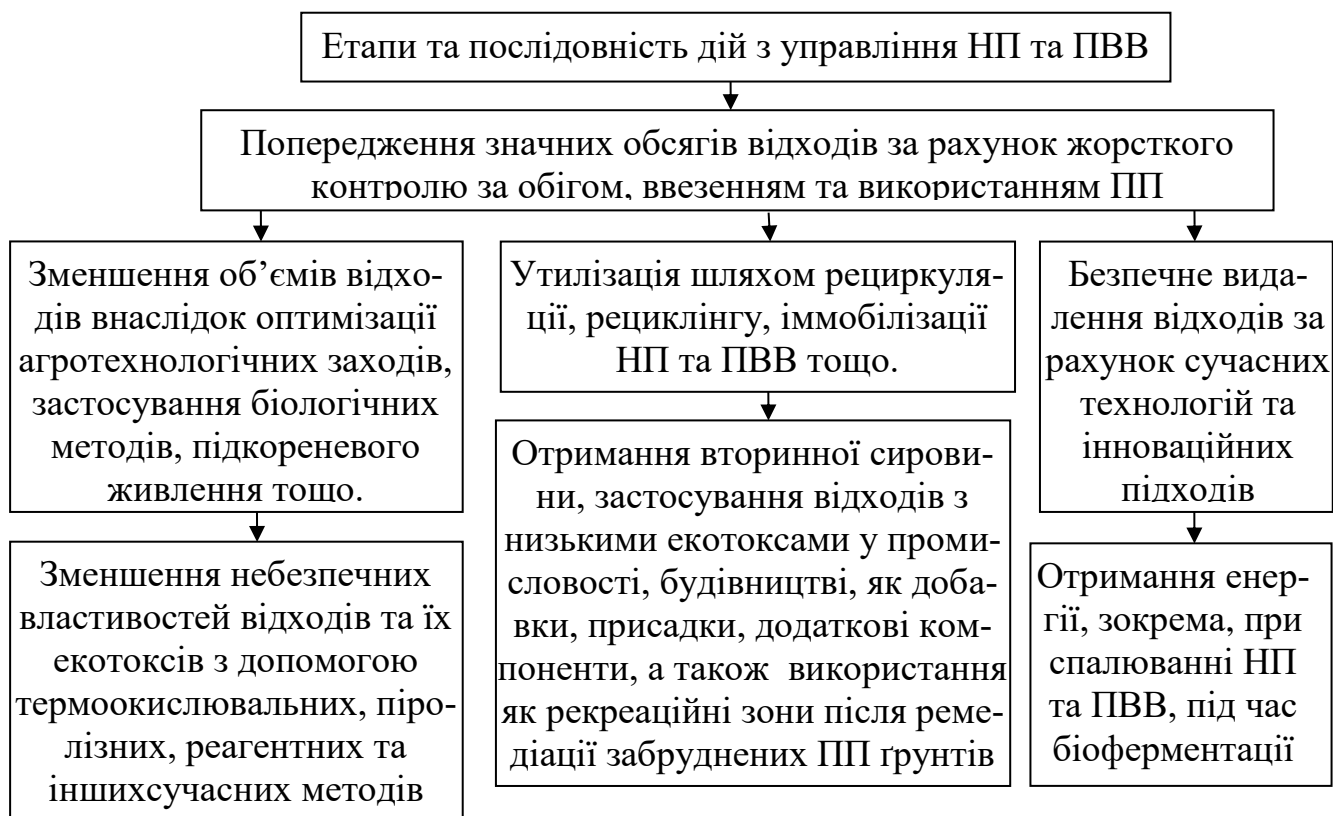


Рис. 7.2 – Схема послідовних дій в сфері управління відходами (в тому числі, з небезпечними)

Отже, ключовими елементами європейської стратегії управління відходами є:

- запобігання їх утворенню;
- мінімізація обсягів;
- повторне використання;
- утилізація або знешкодження, якщо будь-яка інша дія є неможлива, з урахуванням принципів природоохоронного законодавства.

Але використання та впровадження методів запобігання утворення відходів є першочерговим принципом європейської стратегії у сфері поводження з відходами. При цьому механізм сталого управління відходами ЄС передбачає такі пріоритети:

- заохочення повторного використання;
- надання переваги рециркуляції (рециклінгу);
- мінімізація кількості відходів;
- видалення відходів безпечним способом;
- видалення відходів і їх переробка якомога ближче до місця їх виробництва;
- збільшення ефективності операцій з оброблення відходів та інше.

Відтак, Європейське Співтовариство робить акцент не тільки на переробці чи утилізації, а на видаленні відходів із застосуванням принципів трьох R: Reduce (зменшення); Recycling (рециркуляція, повторне використання); Recoveri (утилізація), а також «Waste Zero» (нульові відходи). Такий методологічний та концептуальний підхід, безперечно, має у повній мірі забезпечити право людини на здорове життя та сприятливе навколишнє середовище.

7.2 Техніко-економічне обґрунтування процесів знешкодження непридатних пестицидів та небезпечних відходів

Сумарний економічний ефект (або збиток) від переробки та знешкодження ПП можна подати у такій формі:

$$E_{\Sigma} = \Delta Y_{np} - \Delta KZ + \Pi_{ps} + \Pi_{\epsilon} + Y_{зк} + \Pi, \quad (7.4)$$

де ΔU_{np} – укрупнена величина річного економічного збитку, якому можна запобігти в результаті припинення викиду шкідливих речовин у навколишнє середовище по кожному джерелу забруднення, визначається за формулою

$$U_{np} = j \cdot \sigma \cdot f + \Delta M, \quad (7.5)$$

де j – константа, числове значення якої для водного середовища дорівнює 80 дол. США./ум.т; σ – безрозмірний показник відносної небезпеки забруднення для водного середовища (наприклад, Сабарівське водоймище) – 2,33; f – коефіцієнт, який враховує характер розсіювання забруднювальних речовин, для водного середовища $f = 1,0$; ΔM – зниження питомої маси викидів у навколишнє середовище, ум.т.

$$U_{np} = 80 \cdot 2,33 \cdot 1,0 \cdot (6129,14 - 4642,71) = 2592,89 \text{ дол. США./ум. т.}$$

Величина зниження питомої маси скиду забруднювальної речовини у навколишнє середовище визначається за формулою:

$$\Delta M = M_1 - M_2, \quad (7.6)$$

де M_1 і M_2 – питомі маси викиду речовини (пестициду) джерелом забруднення до і після запровадження в дію, наприклад, блочно-модульної установки, дол. США./ум.т.

Величина питомих кількостей скиду забруднювальних речовин визначається за формулами:

$$M_1 = \sum A_i \cdot m_1, \quad (7.7)$$

$$M_2 = \sum A_i \cdot m_2, \quad (7.8)$$

де A – показник відносної агресивності i -ої забруднювальної речовини, дол. США./ум. т.

Загальна величина річного економічного збитку, що запобігається при рекуперації, наприклад, хлоровмісних пестицидів за допомогою розробленої технології, дорівнює 2592,89 дол. США./ум. т.

КВ – капітальні витрати на монтаж, складання і придбання апаратів, ємностей і засобів експлуатації технологічної схеми

$$KB = KB_a + KB_{\text{ємностей}} + KB_{\text{насосів}} + KB_{\text{конденсаторів}} + KB_{\text{фільтрів}} + (M + E), \quad (7.9)$$

де M – витрати на монтаж технологічної лінії; E – витрати на експлуатацію технологічної лінії.

$$KB_a = KB_1 + KB_2 + KB_4 + KB_{10} + KB_{11} + KB_{14}, \quad (7.10)$$

де KB_a – капітальні витрати на основне обладнання, $KB_1, KB_2, KB_4, KB_{10}, KB_{11}, KB_{14}$ – капітальні витрати на основний реактор, додатковий реактор, апарат розчинення луку, апарат збирання, випарні апарати відповідно.

$$KB_a = (1857 \cdot 2) + 1332 + 1294 + 980 + 194 + 1223 = 8339 \text{ дол. США.}$$

KB_e – капітальні витрати допоміжного обладнання.

$$KB_e = KB_3 + KB_6 + KB_7 + KB_9, \quad (7.11)$$

де KB_3, KB_6, KB_7, KB_9 – капітальні витрати на ємність для ПП, мірник питної води, мірник для луку, розділова ємність.

$$KB_e = 55 + 52 + 212 + 53 = 369 \text{ дол. США.}$$

KB_n – капітальні витрати на відцентрові насоси;

$$KB_n = KB_0 \cdot 3; \quad KB_H = 153 \cdot 3 = 460 \text{ дол. США.}$$

$$KB = KB_8 + KB_{12} + KB_6; \quad (7.12)$$

$$KB = 78 \cdot 3 = 234 \text{ дол. США.}$$

де KB_k – капітальні витрати на конденсатори; $KB_{\phi 16}$ – капітальні витрати на нунч-фільтр, $KB_{\phi 16} = 195$ дол. США.

Крім того, економічний збиток від підвищення захворюваності населення в результаті забруднення навколишнього середовища отрутохімікатами залежить від числа, тривалості і важкості захворювання, швидкості відновлення працездатності та ін. За даними медико-біологічної оцінки санітарно-гігієнічних умов проживання, наприклад, у Вінницькій області, розраховано умовний економічний збиток, нанесений даними джерелами забруднення.

Відтак, локальні сумарні річні витрати на лікування по конкретному виду захворювання можуть бути представлені у вигляді

$$B_{\text{зн}} = B_1 + B_2 + B_3, \quad (7.13)$$

де B_1, B_2, B_3 – відповідно сумарні річні витрати на лікування населення до робочого, робочого і після робочого періодів діяльності.

Стосовно параметрів переробки пестицидних препаратів Вінницької області можлива шкода може бути знижена при застосуванні раціональних параметрів переробки на 40,2%.

Отже, загальна відвернена шкода від забруднення компонентів навколишнього середовища пестицидами в області складає близько 150 тис. дол. США. В результаті їх знешкодження звільняються близько 600 га земель (лише у Вінницькій області), раніше зайнятих складами з пестицидами і їхніми санітарно-захисними зонами.

7.3 Рекомендації щодо реформування та вдосконалення системи управління і поводження з непридатними пестицидами та небезпечними відходами

Вирішення проблеми екологічно безпечного поводження з відходами є одним із основних завдань в економіці природокористування. Відомо, що у нашій державі декларується принцип пріоритетності захисту довкілля і здоров'я людини, у тому числі і у сфері відходів, але реальний стан справ свідчить про недотримання зазначеного принципу та явно недостатньо ефективного управління природоохороною галуззю. І однією із причин такої ситуації є те, що управління та поводження з відходами здійснюється, в основному, за допомогою структурного принципу (способу), при якому інформування передається директивно-адресно конкретним елементам структури, причому на трьох рівнях: національному, регіональному та місцевому. Такий спосіб (метод, принцип) досить добре корелює із так званою адміністративно-командною системою управління, яка є теж, у значній мірі, неефективною. Наприклад, у сфері відходів застосовуються: нормативно-граничні показники, стандарти, ліміти, дозволи, ліцензії, заборони, штрафи тощо [299-302].

Аналіз зазначених інструментів (тисків, управлінських дій та рішень) свідчить про те, що вони переважно спрямовані на вирішення проблем, пов'язаних із шкідливим впливом на довкілля та здоров'я людини, які вже є і які вже утворилися замість запобігання утворенню, наприклад, відходів та зменшення їх токсичності. До інших недоліків адміністративно-командних регуляторів можна віднести бюрократизацію та відсутність гнучкості у прийнятті рішень, значні адміністративні витрати на апарат, неефективне впровадження управлінських дій і рішень та уповільнення інноваційного процесу тощо. Однак, для підвищення ефективності управлінських рішень, зокрема, у галузі відходів, необхідне збалансоване поєднання структурного і безструктурного способів управління з обов'язковим орієнтиром на концепцію «нульових відходів».

Відтак, необхідно реформувати систему управління відходами, яка передбачає застосування таких основних принципів:

1. Відповідність засадам економіки замкненого циклу та концепції сталого розвитку, які передбачають відновлення та раціональне споживання ресурсів, мінімізацію впливу на довкілля, безвідходне виробництво та інше.
2. Ієрархія управління відходами, яка базується на пріоритеті запобігання утворенню відходів або повторного їх використання, або рециклінгу. В разі неможливості виконати ці операції, тоді відбувається видалення та захоронення відходів у спеціально обладнаних місцях, а потім і знищення (знешкодження) на установках із допомогою методів, що відповідають екологічним нормам [303](рис. 7.3).

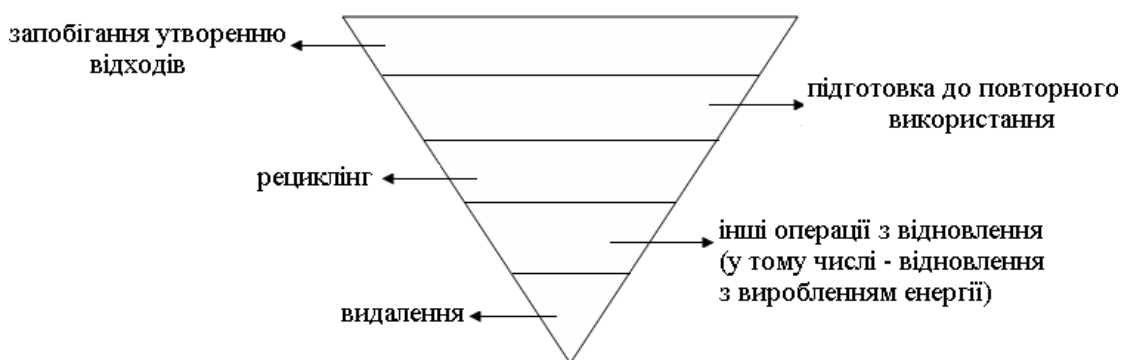


Рисунок 7.3 – Ієрархія управління відходами

3. Інтегрована інформаційна система управління, яка передбачає доступність до даних ліцензій, дозволів, інформації про забруднювачів та інше.
4. Системність і спланованість, яка передбачає узгодженість національного та регіонального планів управління відходами з використанням єдиних методологічних відходів.
5. Розширена відповідальність виробника, основною метою якої є збільшення кількості та ступеня відновлення продукту, щоб мінімізувати вплив відходів на довкілля за принципом «забруднювач платить».
6. Інтеграція у ринок відходів ЄС та європейську систему управління відходами. Вона повинна відповідати європейському законодавству з врахуванням українських реалій та особливостей ринку, економіки, можливостей тощо.
При цьому необхідно врахувати економічні інструменти.

Таблиця 7.4 – Економічні інструменти, які можуть застосуватися у сфері поводження з відходами

Вид економічних та інших інструментів впливу		Функція
Економічні санкції	<ul style="list-style-type: none"> - оподаткування первинної сировини; - екологічний податок за розміщення відходів; - податки екологічної спрямованості (на конкретні групи товарів – пестициди, пластмасову тару, шини, акумулятори, податок на утилізацію відходів); - продаж прав на забруднення довкілля 	обмежувальна

	Вид економічних та інших інструментів впливу	Функція
Економічні стимули	<ul style="list-style-type: none"> - податкові пільги (зокрема, щодо оподаткування прибутку від реалізації продукції, виготовленої з використанням відходів; звільнення від оподаткування фондів охорони навколишнього природного середовища); - кредитні та ніші пільги (зокрема, суб'єкти підприємницької діяльності, які утилізують, зменшують обсяги утворення відходів та впроваджують у виробництво маловідходні технології; які здають відходи як вторинну сировину та займаються збиранням і заготівлею таких відходів; здійснюють будівництво підприємств і цехів, а також організують виробництво устаткування для утилізації відходів); - прискорена амортизація природоохоронного обладнання; - державне фінансування (зокрема, підприємств, що впроваджують маловідходні технології, обробляють і утилізують відходи; цільове фінансування науково-дослідних робіт з конкретних проблем утилізації відходів і зменшення їх утворення); - створення фондів для цільового фінансування заходів щодо утилізації відходів за рахунок добровільних внесків (виробників і власників відходів); - спеціальні державні субсидії (на зменшення відсотків за банківські кредити, пов'язані із інвестиціями, що спрямовуються на утилізацію відходів із виготовлення відповідного устаткування); - дотації з Державного чи місцевого бюджетів (для перевезення відходів, вторинної сировини чи напівфабрикатів, одержаних з цих відходів); - відшкодування витрат (компенсація підприємствам, що здійснюють екологічно необхідні, але економічно прибуткові види діяльності, зокрема, переробку відходів); - стимулюючі ціни та надбавки на екологічно чисту продукцію; - авансово-заставна система (тари, продукції, після використання якої утворюються небезпечні відходи) 	
Економічні гарантії	<ul style="list-style-type: none"> - грошові виплати юридичним чи фізичним особам на компенсацію збитків від забруднення довкілля; - страхування екологічних ризиків (зокрема, при транспортуванні, утилізації чи видаленні небезпечних відходів) 	компенсаційна

Отже, як впливає із вище наведеного і на підставі відповідних рекомендацій Європейських Директив та вітчизняного природоохоронного законодавства, основоположним принципом запобігання утворенню відходів, яке базується, у свою чергу, на низці заходів, що суттєво збільшать ефективність таких дій (табл. 7.5).

Таблиця 7.5 – Рекомендації щодо впровадження заходів по запобіганню утворення відходів

Заходи з виробництва чистих відходів:
<p>1. Вживання заходів планування або інші економічні інструменти, що сприяють ефективному вживанню ресурсів</p> <p>2. Сприяння дослідженням та розвитку в галузі отримання чистіших продуктів та технологій і з меншою кількістю відходів, поширення та використання результатів такого дослідження та розвитку.</p> <p>3. Розробка ефективних та повнозначних показників тиску на довкілля, що асоціюється з виробленням відходів, які націлені на вклад у запобігання утворенню відходів на всіх рівнях, від порівняння продукції на рівні Співтовариства до дій місцевої влади та національних заходів.</p>
Заходи з розробки, вироблення та поширення продуктів з відходів:
<p>1. Поширення екодизайну (промислові сектори склали власні плани із запобіганням утворенню відходів або цілі, або виправили продукцію з систематичною інтеграцією екологічних аспектів у дизайн продукції з метою покращення екологічних характеристик продукту впродовж усього його життєвого циклу).</p> <p>2. Постачання інформації про технології запобігання утворенню відходів з огляду на покращення впровадження у промисловість найкращих з існуючих технологій.</p> <p>3. Організація тренінгів компетентних органів стосовно включення вимог із запобігання утворенню відходів в дозволи за цією Директивою та Директивою 96/61/ЄС.</p> <p>4. Включення заходів із запобігання виробленню відходів в устаткування, що не підпадають під Директиву 96/61/ЄС де це доцільно.</p> <p>5. Проведення інформативних компаній або фінансова підтримка, прийняття рішень або інша підтримка підприємству. Такі заходи особливо ефективні, коли вони націлені і адаптовані до малих та середніх підприємств, а також працюють через бізнес мережі.</p> <p>6. Використання добровільних угод, списків споживачів/виробників або галузевих перемовин для того, щоб відповідні сфери бізнесу.</p>

7. Поширення надійних систем з управління довкіллям, включаючи EMAS та ISO 14001.

Заходи по споживанню та використанню продукції з відходів:

1. Економічні інструменти, такі як стимулювання чистих закупок та встановлення обов'язкової оплати споживачами за певний предмет чи елемент пакування, який би в іншому випадку видавався безкоштовно.

2. Проведення інформативних компаній та надання інформації, спрямованої на широкий загал або певну групу споживачів.

3. Просування надійних екологічних марок.

4. Угоди з промисловістю, такі як використання групи товарів, такі як ті, що включені до системи Інтегрованих Товарних Політик, або з роздрібними торговцями за наявності інформації із запобігання утворенню відходів та продуктів з меншим впливом на довкілля.

5. В контексті публічної чи корпоративної закупівлі, інтеграція екологічних критерій та критерій із запобігання утворенню відходів до вимог для тендерів та контрактів, наряду з Посібником із екологічних державних закупівель.

6. Поширення повторного використання та відновлення певних викинутих продуктів або їхніх компонентів, особливо шляхом вживання освітніх, економічних, логістичних чи інших заходів, таких як підтримка або створення акредитованих центрів відновлення та повторного використання мереж, особливо у густо населених областях.

Отже, основоположними орієнтирами у сфері управління відходами в Україні на даний час мають бути: всебічне запобігання утворенню відходів, їх рециклінг та переробка тих, що раніше накопичились, а також удосконалення діючої системи управління та поводження з відходами, у тому числі і у першу чергу, саме з небезпечними, отруйними, токсичними для людини і довкілля відходами.

7.4 Узагальнена оптимізована система інтегрованого управління екологічною безпекою непридатних пестицидів та інших пестицидвмісних відходів.

Як відомо, в Україні в тій чи іншій мірі функціонує декількарівнева система управління екологічною безпекою у сфері поводження з відходами, в тому числі, з НП та ІПВВ, яка включає державне, корпоративне, місцеве (регіональне) та громадське екологічне управління природоохоронними процесами. При цьому державне регулювання в галузі охорони довкілля та його системна організація підпо-

рядковані Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», метою яких є контроль за додержанням вимог екологічної безпеки, забезпечення ефективних заходів щодо охорони довкілля, раціонального природокористування та інших управлінських дій, а головним державним органом в галузі реалізації державної екологічної політики є щойно реформоване міністерство охорони довкілля і природних ресурсів України та відповідні департаменти на місцях (в областях). Отже, нормативно-правові акти в зазначеній сфері діяльності і державного управління є досить розвиненими та адекватними і суб'єкти права власності на будь-які відходи повинні вживати ефективних заходів для зменшення обсягів утворення відходів, а також їх утилізації, знешкодження або розміщення з урахуванням екологічної безпеки для довкілля та здоров'я людей [304,305].

Основне положення стратегії (методології) управління встановлюється ієрархічною структурою екологічної небезпеки і динамічним зв'язком та взаємозалежністю небезпеки і безпеки. Воно визначається через ефективність управлінських дій з допомогою застосування закономірностей формування небезпеки і через *підсистеми*, як структурні складові загальної (інтегрованої) системи. При цьому існуюча державна система управління екологічною безпекою мала б бути орієнтована виключно на зниження інтенсивності та попередження (запобігання) проявів небезпеки. На жаль, територіально-адміністративний та відомчий принцип управління екологічною безпекою, у тому числі і НП та ППВВ, не дозволяє у повній мірі ефективно ці заходи розробляти та здійснювати. Частіше всього, є більш-менш ефективним тільки «жорсткий» або «оперативний» режим управління у короткому інтервалі часу, коли конче необхідно ліквідувати джерела небезпеки або катастрофічні ситуації, але не діє чітка, послідовна комплексна система упередження та запобігання таким небезпечним подіям. У цьому разі повинні бездоганно взаємодіяти підсистеми моніторингу, збору та обробки інформації, формування банку даних та знань, інформування громадськості та оптимального варіанту зниження екологічної небезпеки і, нарешті, бездоганної реалізації програми управління та контролю за її виконання. Крім цього, повинні чітко функціонувати основні тех-

ніко-технологічні елементи управління екологічною безпекою на регіональному рівні, а саме:

- запобігання негативному впливу потенційних небезпечних джерел;
- послаблення інтенсивності їх дії ;
- обмеження просторового поширення небезпеки;
- ліквідування наслідків небезпечних подій;
- забезпечення надійності, інтегрованості (комплексності) та системності управлінських дій.

Зрозуміло, що у цьому разі повинні використовуватись оптимізація, прогнозування, розрахунок екологічних ризиків, застосування саме прогресивних технічних та технологічних рішень для підтримання стійкого (в часі і просторі) функціонування системи інтегрованого управління природоохоронними процесами.

Тому назрів час для зміни стратегії і тактики поводження із непридатними пестицидами та їх метаболітами. При цьому необхідно на рівні підсистем враховувати усі аспекти забруднень, поширення, обміну, переробки, утилізації тощо усіх складових НП та ППВВ, а саме (рис.7.4):

- непридатні (необліковані, некондиційні, змішані та ін.) залишки пестицидних препаратів;
- поводження із старими небезпечними складами та сховищами отрутохімікатів та знесеними забрудненими конструкціями;
- ремедіаційні та рекультиваційні заходи щодо забруднених ґрунтів та порушених земель навколо застарілих, небезпечних та напівзруйнованих хімскладів;
- забруднена тара та упаковка з-під пестицидів, ХЗЗР, мінеральних добрив та інших небезпечних отрутохімікатів;
- функціонування стаціонарних підприємств або пересувних (мобільних) комплексів по знешкодженню та переробці НП та ППВВ;

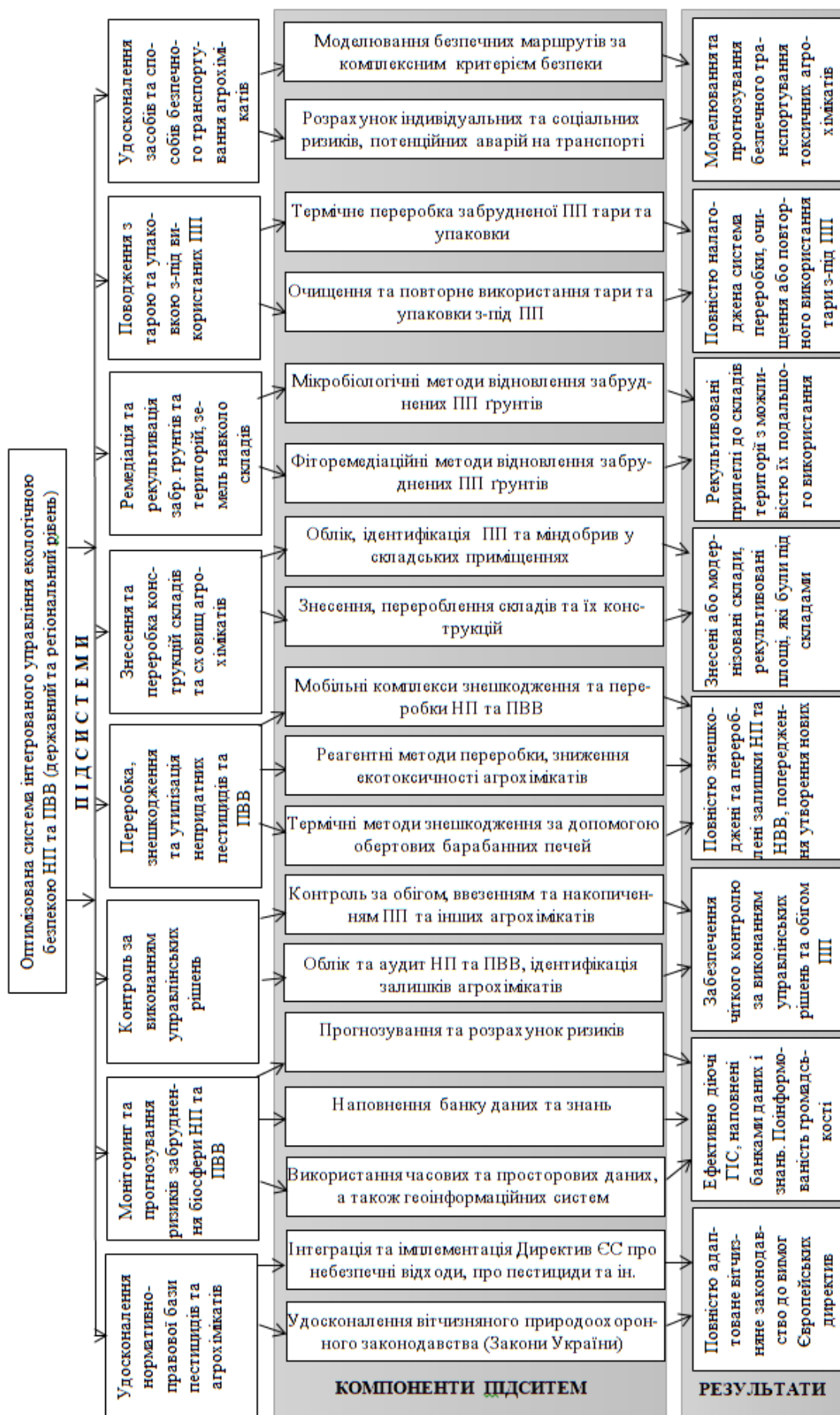


Рисунок 7.4 – Структурна схема оптимізованої системи інтегрованого управління екологічною безпекою НП та ПБВ (на рівні функціонування та взаємодії підсистем)

- індивідуальні та соціальні ризики транспортування небезпечних отрутохімікатів до місць їх утилізації та знешкодження, а також оптимізація маршрутів тощо.

Ці та інші підсистеми необхідно всебічно використовувати в процесі управлінських рішень в єдиній системі інтегрованого управління як відходів у цілому, так і НП та ПВВ.

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

7.5 Висновки до розділу 7

1. Проаналізовано стан інтеграції природоохоронного законодавства України до вимог ЄС, а також основних орієнтирів (пріоритетів) Директив ЄС по відходах, у тому числі, і небезпечних. Розроблено алгоритм дій з управління відходами та встановлено акценти ЄС під час переробки та утилізації відходів, основними з яких є запобігання утворенню відходів, їх мінімізація та повторне використання.
2. Наведено санітарно-гігієнічну оцінку різноманітних схем знешкодження ПП, основним у яких є дотримання санітарно-гігієнічних вимог та екологічних показників.
3. Наведено економічні інструменти у сфері поводження з відходами та рекомендації щодо впровадження заходів по запобіганню утворення відходів.
4. Обґрунтовано вибір раціонального місця розташування блочно-модульних установок з переробки НП та ПВВ, а також раціональний обсяг ПП, що переробляється, максимальна відстань транспортування ПП

до місця переробки. Розрахована також відвернена шкода від забруднення компонентів навколишнього середовища.

5. Здійснено техніко-економічне обґрунтування процесів знешкодження НП та ПВВ, у якому розраховані різного роду капітальні витрати та збитки від забруднення НС та погіршення стану здоров'я людей, а також загальний економічний ефект від запропонованих методів та відвернений збиток від забруднення довкілля в результаті переробки ПП та ПВВ.
6. Розроблено науково-обґрунтовані рекомендації щодо реформування та вдосконалення системи управління і поводження з НП та ПВВ, у яких наголошується гостра необхідність у реформуванні та модернізації існуючої неефективної системи управління на засадах економіки замкненого циклу та концепції сталого (збалансованого) розвитку.
7. Розроблено оптимізовану систему інтегрованого управління екологічною безпекою НП і ПВВ, яка на підсистемному рівні дозволяє здійснювати управлінські дії до усіх компонентів пестицидвмісних відходів, що дозволяє суттєво підвищити екологічну безпеку територій та остаточно вирішити проблему пестицидного забруднення довкілля.

У матеріалах розділу використано роботи автора [306- 310].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі виконано 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 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, 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 методів 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, підтверджено 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 знешкодження. Досліджена термічна стійкість ПП, а також параметри скорочення емісії діоксинів та наведено технологічний та техніко-економічний аналіз найбільш прийнятних способів термічного розкладу, зокрема, рідких НП та ПВВ, а також мобільних комплексів і систем термохімічного та плазмохімічного знешкодження ХЗЗР у місцях їх зберігання (зберігання).

7. Вперше з допомогою Брукерівської 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 більшості 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 логістику відновлювальних робіт, екологічно-безпечні фіторемердіаційні 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 та методологію оцінювання зон ураження і наслідків від ймовірних аварій 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 санітарно-гігієнічну оцінку різноманітних методів і схем знешкодження НП та ПБВ, їх 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 системи управління і поводження з НП та ПБВ на засадах економіки замкненого циклу (рециклінг), 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.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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>]
2. Р.В. Петрук, В.Г. Петрук, А.П. Березюк 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>]
3. 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>]
4. 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>]
5. 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>]
6. М. К. Рамос, Р. В. Петрук, В.А. Іщенко, Петрук Г.Д. Джерела екологічної небезпеки у провінції Ель-Оро Еквадору *Наукові праці ВНТУ* №1 – 2017 [<https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/23245>]
7. 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>]

8. 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>]

9. 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>]

10. Трач І.А., Петрук В.Г., Костюк В.В., Петрук Р.В. Аналіз впливу техногенних загроз на екологічну безпеку природного середовища *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>]

11. 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>]

12. 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.19-27.*

13. Petruk R. Environmental safety management of substandard pesticide residues and remediation and reclamation of contaminated soil / R. Petruk, M. Katkov. // *Environmental Problems*. – 2019. – С. pp.125–129.

[<https://doi.org/10.23939/ep2019.03.125>]

14. 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>]

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

16. Петрук Р.В. Обґрунтування моделей техногенно-антропогенних ризиків і методології управління під час транспортування пестицидів та інших небезпечних 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>]

17. 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]

18. 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>]

19. 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.

20. 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]

21. 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>]

22. 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.

23. Петрук Р.В. Комплексна переробка фосфорвмісних пестицидів до екологічно безпечних продуктів та рекультивація забруднених ґрунтів / Петрук Р.В., Ранський 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>]

24. 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).

25. Екологічна безпека Вінниччини / [Мудрак О.В., Мудрак Г.В., Петрук Р.В., та ін.]; за заг. ред.. Мудрака О.В. – Вінниця: ВАТ «Міська друкарня», 2008. – 456 с. – (Монографія).

26. 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>]

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>]

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>]

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/123456789/138071>]

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>]

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.](https://doi.org/10.1117/12.2501636)]

32. Пат №139385 на корисну модель України МПК В09С 1/00 Спосіб прискореного визначення забруднення ґрунту хлороорганічними 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

33. Пат № 139979 на корисну модель України МПК В09С 1/00 Спосіб визначення забруднення ґрунту хлороорганічними 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.

34 Пат № 141742 на корисну модель України МПК В09В 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.

35. Петрук, Р. В. Теоретичні та технологічні основи екологічно безпечних процесів відновлення вітчизняних фосфоритів / Р. В. Петрук, Г. Д. Петрук. – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. – 112 с. – (Монографія).

36. 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. Р.131–142. – (Монографія).

37. 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/sites/default/files/journal-paper/2020/feb/20962/5.pdf>]

38. Проблема стану законодавства України про поводження з відходами /Сас А.С., Шилович Т.Б.//Матеріали доповідей XI Науково-практичної конференції молодих вчених “Новітні технології пакування» Додаток до журналу «Упаковка». - Київ, - 2015. -С.77-81.

39. Шуміло О. М. Нормативно-правовий аналіз регулювання використання хімічних речовин, виключаючи біоциди / Шуміло О. М. // Актуальні проблеми вітчизняної юриспруденції, 2017. - № 6, Том 3. – С. 68-72

40. Про оцінку впливу на довкілля [Електронний ресурс] : Закон України від 23.05.2017 року №2059-VIII / Верховна Рада України. – Режим доступу : [<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2059-19>]

41. Горобець О. В. Напрями удосконалення управління поводженням з відходами в Україні / О. В. Горобець. // Економіка. Управління. Інновації. - 2013. - № 1. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/eui_2013_1_16.]

42. Корженко О. О., Муравкіна М. О. Удосконалення еколого-економічних механізмів у сфері поводження з пестицидами / Корженко О. О., Муравкіна М. О.

// Вісник Наук. ун-ту водного госп. та природокористування, серія «Економіка», випуск 1(61), 2013 р. – С. 82-90.

43. Наслідки дерегуляції у сфері державного контролю за ввезенням, обігом, використанням та утилізацією на території України небезпечних хімічних речовин / [Величко М. В., Ситник Є. Ю., Ковалюк О. С., Головін Д. І.]// Сучасні проблеми токсикології, харчової та хімічної безпеки, № 1-2, 2017. – С. 143-149.

44. Закон України "Про пестициди і агрохімікати" від 2 березня 1995 р. – К.: Відомості Верховної Ради України, 1995. – № 14. —91 с.

45. Протокол по стійким органічним забруднювачам до конвенції 1979 року до трансграничного забруднення повітря на великі відстані : Організація об'єднаних націй – 1998 р. [Електронний ресурс] The 1998 Aarhus Protocol on Persistent Organic Pollutants (POPs). / Режим доступу: [http://rac.org.ua/fileadmin/user_upload/publications/IEL_Guide_final_no_cover.pdf.]

46. Національний план виконання стокгольмської конвенції про стійкі органічні забруднювачі квіт – 2011 зміст: [Електронний ресурс] // Режим доступу : [http://govuadocs.com.ua/docs/index-19099998.html.]

47. Проданчук Н. Г. Химико-аналитические аспекты полихлорированных дибензо–пара-диоксинов и других стойких органических загрязнителей [Електронний ресурс] / Проданчук Н. Г., Чмиль В. Д. // Современные проблемы токсикологии. 2006. – №3. – Режим доступу до журн.: [http://www.medved.kiev.ua/Web_journals/Arhiv/Toxicology/2006/3_2006/str90.pdf.]

48. Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife / [Van den Berg M., Birnbaum L., Bosveld A. T. C. et al] // Environmental Health Perspectives. – 1998. – V. 106 (12). — P. 775—792.

49. Федоров Л. А. Диоксины: химико-аналитические аспекты проблемы / Л. А. Федоров, Б. Ф. Мясоєдов // Успехи химии. – 1990. – Т. 59, В. 11. – С. 1818 – 1866.

50. Гаутман З. Органическая химия / Гаутман З., Грефе Ю., Ремане Х. – М. : Химия, 1979. – 832 с.

51. Химическая энциклопедия. Т. 2. Изд. / [научно-редакционный совет А. М. Прохоров Н. И. Ефимов Р. Н. Нургалиев и др.]. – М.: "Советская энциклопедия", 1990. – С. 73.

52. Клюев Н. А. Определение полихлорированных бифенилов в окружающей среде и биоте / Н. А. Клюев, Е. С. Бродский // Полихлорированные бифенилы. Супертоксиканты XXI века. – 2000. – Информ. вып. № 5. – С. 31– 63.

53. Проект № GF/2732-03-4668. «Забезпечення заходів із розроблення Національного плану щодо впровадження у Україні Стокгольмської конвенції про стійкі органічні забруднювачі». Україна. Національний план використання Стокгольмської конвенції про стійкі органічні забруднювачі. – Київ, 2006. – 279 с.

54. Стойкие органические загрязнители экосистемы / [Ранский А. П., Коваленко В. С., Ткачук М. Ф. и др.] // Химия и хим. технология. – 2006, - № 5. – С. 239 – 245.

55. Одночасне хроматографічне визначення діючих речовин пестициду Фентіурам / [О. К. Вяткін, А. П. Ранський, О. В. Сандомирський та ін.]; – Дніпропетровськ: Вопросы химии и хим. технологии, 2008. – № 1. – С. 17 - 18.

56. Реагентне перероблення пестициду ТХАН та фотометричний метод контролю вторинних відходів / [А. П. Ранський, О. В. Гайдідей, О. В. Сандомирський та ін.] – Вінниця: Оптико-електронні і інформаційно-енергетичні технології, 2002. – № 2 (4). – С. 194 - 197.

57. Утилізація пестициду ТХАН. Фотометричний метод контролю / [А. П. Ранський, О. В. Гайдідей, О. В. Сандомирський та ін.] – Дніпропетровськ: Хімічна промисловість України, 2004.–№ 1.–С.50 - 52.

58. Ранский А. П. Хроматографический анализ вторичных растворов регенерации пестицидов Атразин и Зеазин-50 / А. П. Ранский, А. В. Сандомирский, О. В. Гайдидей – Днепропетровск: Вопросы химии и хим. технологии, 2003. – № 4. – С. 50 - 53.

59. Ранский А. П. Хроматографический контроль тетраметилтиурамдисульфида во вторичных растворах утилизации пестицида Тиурам / А. П. Ранский, А. В.

Сандомирский, Т. Н. Авдиенко – Днепропетроск: Вопросы химии и хим. технологи, 2004. – № 2. – С. 50 – 53.

60. Фотометричний контроль трихлорфеноляту міді у вторинних розчинах утилізації пестициду Фентіурам / [Т.М. Авдієнко, А. П. Ранський, А. В. Сандомирський та ін.] – Днепропетроск: Вопросы химии и хим. Технологи, 2004. – № 2. – С. 50 – 53.

61. Утилізація пестициду Фентіурам. Хроматографічний метод контролю / [А. П. Ранський, О.В.Сандомирський, М.В.Кучук та ін.] – Дніпропетровськ: Хімічна промисловість України, 2004.–№ 2.–С.52 - 55.

62. Bolletti P. Determinazione gas cromatografica di residui organofosforati in farine/ Bolletti P., Zanchi D./ – Roma, It: Tech.molit, 2002. – Vol.53, No 1, – P.16-20.

63. Mastovska K., Lehotay S.I. Evaluation of common organic solvents for gas chromatographic analysis and stability of multiclass pesticide residues – Holand: Elsevier, J.Chromatogr. A., 2004. – 1040. – No 2. – P.259-272.

64. Ren Liping, Tian Qin. Определение следовых количеств пестицидов в природных водах методом газовой хроматографии с применением твердофазной экстракции/ Ren Liping, Tian Qin. – China: J.China Agr.Univ., 2004. – Vol.9, No 2, P.93-96.

65. Макарчук Я.В. Определение остаточных количеств некоторых пестицидов в объектах окружающей среды методом ВЭЖХ/ Макарчук Я.В. – Санкт-Петербург: «Экоаналитика», 2003. – С.89.

66. Moraes S. L. Multiresidue screening methods for determination of pesticides in tomatoes/ Moraes S. L., Oliveira R. – Washington D.C., USA: J.Environ.Sci. and Health. B., 2003. – Vol.38, No 5. – P.605-615.

67. Кретьова Л.Г., Лунев М.И. Тонкослойная хроматография. Определение остаточных количеств пестицидов и микротоксинов [Методическое пособие, 2 изд.] / Кретьова Л.Г., Лунев М.И. – М: Агроконсалт, 2004. – 100с.

68. Визначення метафосу у харчових продуктах рослинного походження/ [Бездзай А.О., Щербина О.І., Баланюк В.М., Щербина І.О.] – Л: Збірник наукових

праць Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 2009. – Вип №3. – С.104-112.

69. Мата І.М. Визначення диметоату методом тонкошарової хроматографії/ Мата І.М., Шарга Б.М./ Ужгород: Науковий вісник УжНУ. Серія «Хімія», 2010. – Вип 24. – С. 130-134.

70. Fujihira Takayoshi Development of analytical method for the determination of pesticide residues in sugar. Determination of glyphosate in residual pesticides that are in the sugar, by HPLC with fluorescence detector/ Fujihira Takayoshi, Shiraiwa Hirofumi – Japan: Res.Soc.Jap.Sugar Refin.Technol. – 2002. – No 50. – P.49-52.

71. Hetheron C.L. A multi-residue screening method for the determination of 73 pesticides and metabolites in fruits and vegetables using high-performance liquid chromatography/ Hetheron C.L., Sykes M.D., Fussel R.J. – Washington D.C., USA: Tandem massspectrometry. Rapid Commun. Mass Spectrom., 2004. – Vol. 18, No 20, – P.2443 – 2450.

72. Greve P.A. Analytical Methods for Residues of Pesticides in Foodstuffs / Greve P.A. – Netherlands: Government Publishing Office, The Hague., 1988. – Part I., 5th edition., – P.5–12.

73. Скрипник М.М. Препаративное выделение хлорорганических пестицидов, полихлорированных бифенилов и диоксинов из экстрактов биоты для определения методом газовой хромаографии, масс-спектрометрии/ Скрипник М.М., Миколькин М.В – Днепропетровск: Методы и объекты химического анализа. – 2006. – Т.1, №2. – С.152-158.

74. Stajnbaher D. Multi-residuemethod for determination of 90 pesticides in fruits and vegetables using solidphase extraction and gas chromatography – mass spectrometry / Stajnbaher D., Zupancic, KralJ L. – Holand: Elsevier, J.Chromatogr. A, 2003. – V.1015, No 2. – P.185-198.

75. Moreira V. J. Fast screening determination of some ubiguitos pesticides with SPME in water sampler/ Vaz Jorge Moreira, Komatsu Emu – Holand: Elsevier Anal.Lett., 2004. – Vol.37, No 7, – P.1427-1436.

76. Schellin M. Determination of organophosphorus pesticides using membrane – assisted solvent extraction combined with large volume injection gas chromatography – mass spectrometric detection / Schellin M., Hauser B., Popp P. – Holand: Elsevier, J.Chromatogr. A, 2004. – Vol 1040, No 2. – P.251-258.

77. A. Francesco. Analysis of organophosphorus pesticides by gas chromatography – mass spectrometry with negative chemical ionization: a study on the ionization conditions/ A.Francesco, C.Stella, L. Donatella –Roma, It: Anal.chem.acte, 2002. – V.461, No 1. – P.97-108.

78. Aguera A. One year routine application of a new method based on liquid chromatography-tandem mass-spectrometry to the analysis of 16 multiclass pesticides in vegetable samples/ Aguera A., Lopez S., Fernandez-Alba A.R. – Holand: Elsevier, J.Cromatogr. A., 2004. – Vol.1045, No.2. – P.125–135.

79. R. M. Vineenzo Determination of organophosphorus pesticides residues in human tissnes by capillary gas chromatography – negative chemical ionization mass spectrometry analysis/ R. M. Vineenzo, C. Luigi. – Holand: Elsevier, J.Chromatogr., B., 2002. – Vol.780, No 2. – P.431 - 441.

80. Bottomley P. Multi-residue determination of organochlorine, organophosphorus and synthetic pyrethroid pesticides in grain by gas-liquid and high-performance liquid chromatography. / Bottomley P., Baker P.G. – Chicago, USA: Analyst, 1984. - Vol.9. - P.85-90.

81. Antoine Abragam. Principles of Nuclear Magnetic Resonance / Antoine Abragam./ Cambridge University Press: 1968. Cambridge, UK.

82 Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. Москва : РЭФИА, НИИ-Природа, 2002. 64 с.

83 Working Document Guidance Document on Aquatic Ecotoxicology in the context of the Directive 91/414/EEC. Sanco/3268/2001 rev.4 (final). 17 October 2002. 62 p.

84 Рууппа М., Хейнонен П. Биологические методы исследования водоемов в Финляндии. Helsinki : Suomen Ymparistokeskus, 2006. 112 с.

85 Порядок здійснення державного моніторингу вод. Затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF> (дата звернення: 01.10.2018).

86 Р 52.24.566-94. Методы токсикологической оценки загрязнения пресноводных экосистем. Москва : ФСР Госкомгидромета, 1994. 130 с. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293773/4293773616.pdf>. (дата звернення: 15.11.2017).

87 КНД 211.1.4.058-97. Методика визначення гострої токсичності води на водоростях *Scenedesmus quadricauda* (Turp) Breb. Затв. наказом Мінекобезпеки України № 68 від 21.05.1997 р. Київ, 1997. 15 с.

88 ISO 8692:2012. Water quality – Fresh water algal growth inhibition test with unicellular green algae. URL: <https://www.iso.org/standard/54150.html>. (дата звернення: 15.11.2017).

89 ISO 20079:2005. Water quality – Determination of the toxic effect of water constituents and waste water on duckweed (*Lemna minor*) – Duckweed growth inhibition test. URL: <https://www.iso.org/standard/34074.html>. (дата звернення: 15.11.2017).

90 Brock T C M; Lahr J; Van Den Brink P J (2000a). Ecological risks of pesticides in freshwater ecosystems. Part 1: Herbicides. Alterra-Rapport 088. 124 pp., Alterra Green World Research, Wageningen, Netherlands.

91 Brock T C M, Van Wijngaarden R P A, Van Geest G J (2000b). Ecological risks of pesticides in freshwater ecosystems. Part 2: Insecticides. Alterra-Rapport 089. 142 pp., Alterra Green World Research, Wageningen, Netherlands.

92 Campbell, P.J.; Arnold, D.J.S.; Brock, T.C.M.; Grandy, N.J.; Heger, W.; Heimbach, F.; Maund, S.J.; Streloke, M. (1999): Guidance Document on Higher-tier Aquatic Risk Assessment for Pesticides (HARAP), SETAC-Europe Publication, Brussels.

93 Fraunhofer-institut für umweltchemie und ökotoxikologie (2001). Ökotoxikologische Prüfung von Pflanzenschutzmitteln hinsichtlich ihres Potentials zur Grundwassergefährdung - Ecotoxicological testing of pesticides with respect to their potential of endangering groundwater communities, UBA-Text 76/01.

94 Hart, A. (2001). Probabilistic risk assessment for pesticides in Europe: Implementation & reasearch needs. A report from the European workshop on probabilistic risk assessment for the environmental impacts of plant protection products, The Netherlands, June 2001. Central Science Laboratory, Sand Hutton, York, UK (ISBN 185 945 010 5).

95 health council of the netherlands: committee on pesticides and groundwater (1996). Risks of pesticides to groundwater ecosystems. Rijkswijk: Health Council of the Netherlands, 1996; publication no. 1996/11E. ISBN:90-5549-135-7.

96 Maff (2000). Local Environmental Risk Assessment for Pesticides – A practical guide, MAFF, London.

97 Sinclair, C.J., Boxall, A.B.A. (2002) Assessment of the environmental properties and effects of pesticide transformation products. Report to DEFRA, Project No. PN-0930.

98 Kvaternyuk S., Pohrebennyk V., Petruk R. et al. Multispectral television measurements of parameters of natural biological media. 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017 : SGEM2017

99. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. (Изд. 6-е, перераб. и доп. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988).

100. Башкин В.Н. Экологические риски: расчет, управление, страхование. Учеб. пособие. — М.: Высш. шк., 2007. — 360 с.: ил.

101. Hayes K. R. Uncertainty and Uncertainty Analysis Methods. Final report for the Australian Centre of Excellence for Risk Analysis (ACERA) / CSIRO Division of Mathematics, Informatics and Statistics, Hobart, Australia. – 2011. – 130 pp.

102. Plattner Th. Integrating public risk perception into formal natural hazard risk assessment / Plattner Th., Plapp T. and Hebel B. / Nat. Hazards Earth Syst. Sci., Vol. 6, –2006. – 471–483.

103. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды / Г. И. Марчук/ М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, – 1982. – 320 с.

104. Авдин В. В. Математическое моделирование экосистем/ В. В. Авдин / Учебное пособие / Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. – 2004. –80 с.

105. Sornette D. Exploring the limits of safety analysis in complex technological systems / Sornette D., Maillart T., Kroger W. / Risk Center, Zurich. – 2013. – 21 p. [<http://arxiv.org/pdf/1207.5674.pdf>]

106. May R. Theoretical Ecology. Principles and Applications / R. May, A. McLean / Oxford University Press Inc., New York. –2007. – 268 pp.

107. Gillman M. An introduction to mathematical models in ecology and evolution: time and space / M. Gillman / A John Wiley & Sons, Ltd., 2nd ed. – 2009. – 167 pp.

108. Клименко М. О. Моніторинг довкілля / М. О. Клименко, А. М. Прищепка, Н. М. Вознюк/ — К.: Академія, 2006. – 360 с.

109. Шуберт Р. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. / [Вайнерт Э., Вальтер Р., Ветцель Т. и др.]; Под ред. Р. Шуберта; Пер. с нем. Г. И. Лойдиной, В. А. Турчаниновой; Под ред. Д. А. Криволуцкого. – М.: Мир. – 1988. – 348 с.

110. Edell DJ. A peripheral nerve information transducer for amputees: Long-term multichannel recordings from rabbit peripheral nerves / DJ. Edell / IEEE Transactions on Biomedical Engineering Volume: BME-33 , Issue: 2. – 1986. – pp. 203- 214.

111. Нагайчук В. В. Вплив біогальванізації на культуру *E. Coli* та гемолітичного стафілококу / В. В. Нагайчук // Вісник морфології. – 2010. — № 16(3). – С. 716-720.

112. Свиридов О. І. Анатомія людний: Підручник / За ред. І, І, Бобрика. - К.: Вища шк., 2000. - 399 с: іл.

113. Scott B. O., The principles and practice of electrotherapy and actinotherapy / Bryan O. Scott / Springfield, Ill., C.C. Thomas, – 1959. – 314 p.

114. Макац В.Г. Оцінка функціонального здоров'я і вегетативних порушень у дітей зони радіаційного контролю України при їх оздоровленні в умовах питного курорту Моршин (методичні рекомендації) / Макац Володимир Геннадійович / Вінниця - Баня Лісовицька, – 2003, –55 с.

115. Судаков К. В. Информационный принцип в физиологии: анализ с позиций общей теории функциональных систем. — Успехи физиол. наук. — 1995. Т. 26. № 4. С. 3—27.

116. Макац В.Г. Биогальванизация в физио- и рефлексотерапии (экспериментально-клинические исследования) // Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора медицинских наук (14.00.34—курортология и физиотерапия). Пятигорск. – 1992., – 47с.

117. Крижановський Є.М. Метод автоматизації розрахунку та візуалізації індексу загального забруднення міста / Є.М. Крижановський, І.В. Давидова / Вісник ЖДТУ., № 4 (67)– 2013., – С. 65-69.

118. Нова екологія: [Електронний ресурс]: – Геоінформаційні системи в екології – Режим доступу: <http://www.novaecologia.org/voecos-2374-1.html> (дата звернення: 08.12.2015).

119. КБ «Панорама: [Електронний ресурс]: – Создание геоинформационной системы органов местного самоуправления города Винницы– Режим доступу: <http://www.gisinfo.ru/projects/53.htm> (дата звернення: 12.12.2015).

120. Трач І.А. Сталий розвиток України: збереження мисливських ссавців / І.А. Трач // Екологія та сталий розвиток: Матеріали І Наук.-практ. конф. – Маріуполь: ДонДУУ, 2015. – С. 59-61

121. Трач І.А. Вплив транспортних систем на екологічну безпеку популяцій диких тварин / І.А. Трач, В.Г. Петрук, Л.А. Бойчук // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Сільське господарство та лісівництво № 1.– Вінниця, 2015.– С. 128-133.

122. Трач І.А. Екологічний аналіз впливу зони дорожнього ефекту на популяції диких тварин / І.А. Трач, В.Г. Петрук // V-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія / Ecology - 2015) / Збірник наукових статей. - Вінниця: Видавництво-друкарня ДІЛО, – 2015. – С. 153.

123. Трач І.А. Екологічна оцінка токсичного впливу дихлорфеноксигербіциду 2,4-Д на диких ссавців / [І.А. Трач, В.Г. Петрук, Н.О. Гребенюк, Т.С. Прадівляна] // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. Спеціальний випуск до ІХ Міжнародної науково-практичної конференції “Сучасні проблеми збалансованого природокористування”, м. Кам'янець-Подільський, 27-28 листопада 2014 року. – Кам'янець-Подільський: Подільський державний аграрно-технічний університет, 2014. – С. 71-73.

124. Чукина Н. В. Структурно-функциональные показатели высших водных растений в связи с их устойчивостью к загрязнению среды обитания / Н.В. Чукина – дис. канд.биол.наук. – Борок, 2010. – 24 с.

125. Олексів І.Т. Гідроекологічна токсикометрія та біоіндикація забруднень. Теорія, методи, практика використання. / І. Т. Олексів, Л. П. Брагінський – Львів : Світ, – 1995. – 438 с.

126. Виноходов Д.О. Научные основы биотестирования с использованием инфузорий. [Текст]: дис. ... докт. біол. наук: 03.00.23 / Виноходов Дмитрий Олегович; Санкт-Петербургский технологический институт. –2007 – 270 с.

127. Строганов Н. С. Загрязнение вод и задачи водной токсикологии / Н. С.Строганов // Вопросы водной токсикологии. – М. : Наука, 1970. – С.11–24.

128. Goncharuk V. V. Comparative analysis of drinking water quality of different origin based on the result of integrated bioassay. Goncharuk V.V., Kovalenko V.F., Zlatskii I.A. // Journal of Water Chemistry and Technology. – 2012. V. 34, № 1. – P. 61–64.

129. Tanner S. Reaction cells and collision cells for ICP-MS: a tutorial review / S. Tanner, V. Baranov, D. Bandura/ Spectrochimica Acta, Vol. 57, – 2002, – P. 1361 – 1452.

130. Глуховский И.В. Современные методы обезвреживания, утилизации и захоронения токсических отходов промышленности: Учебное пособие. / И. В. Глуховский, В. В. Глуховский и др./ – К. : ГИПК Минэкобезопасности Украины, 1996. – 100 с.

131. Погребенник В. Д. Методи та засоби експрес-аналізу забруднення водного середовища / В. Д. Погребенник, А. В. Романюк // Національний університет “Львівська політехніка”. – Львів : Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – С. 52.

132. Мальцев В. І. Визначення якості води методами біоіндикації: науково-методичний посібник. / В. І. Мальцев, Г. О. Карпова, Л. М. Зуб – К. : Науковий центр екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАНУ, Недержавна наукова установа Інститут екології (ІНЕКО) Національного екологічного центру України, 2011. – 112 с.

133. Маслова О. В. Біоіндикація водного середовища за допомогою вищої водної рослинності / О. В. Маслова // Вісник Запорізького національного університету. – № 1, 2011. – С. 111–117.

134. Kovalenko V. F. Basic Principles of Comprehensive Biotesting of Drinking Water and Point System Classification of Water Quality/ Kovalenko V. F., Zlatskii I. A., Goncharuk V. V. / J. Of Water Chem. And Technol. – 2016 – Vol. 38, N 1. – P. 56 – 61.

135. Дроздовская О. А. Поиск микроорганизмов – индикаторов и деструкторов фенолов в прибрежных водах дальневосточных морей: дис. канд. биол. наук: 03.00.16 / О. А. Дроздовская – Владивосток, 2000. – 156 с.

136. Саноцкого И. В. Методы определения токсичности и опасности химических веществ [под ред. И. В. Саноцкого]. – М., Медицина, 1970. – 343 с.

137. Берестецкий О. А. Методы определения токсичности почв. / О. А. Берестецкий – Киев : Урожай, 1971. – С. 139 – 243

138. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів : монографія / [В. П. Патики, Н. А. Макаренко, Л. І. Моклячук та ін.] : За ред. Патики В. П. – К. : Основа, 2005. – 300 с.

139. Кавецький В. М. Екотоксична властивість пестицидів як функція фізикохімічної будови їх молекул / В. М. Кравецький, Л. С. Крук, Л. І. Бублик // Агро-екол. і біотехнол. – К. : 1998. – Вип. 2. – С. 85–91.

140. Павлюк С. Д. Оцінка екологічного ризику застосування пестицидів у плодкових насадженнях / С. Д. Павлюк // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Агронімія. – 2014. – Вип. 195(1). – С. 164–168.

141. Формирование тест-системы и выбор тест-критериев при биотестировании природных вод / В.В. Гончарук, А.В. Сыроешкин, В.Ф. Коваленко, И.А. Злацкий // Химия и технология воды. — 2016. — Т. 38, № 6. — С. 628-636.

142. Гриценко А. В. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / А. В. Гриценко, О. Г. Васенко, Г. А. Верніченко та ін. / – Х. : УкрНДІЕП. – 2012. – 37 с.

143. Кучеренко Т. В. Використання біотесту ALLIUM CEPА L. (Цибуля звичайна) для оцінювання антропогенного забруднення навколишнього середовища / Т. В. Кучеренко, Є. О. Головатюк // Агроекологічний журнал. – 2008. – № 4. – С. 79– 83.

144. Соломенко Л. І. Метаболічний контроль рослинними організмами екологічно небезпечних концентрацій ксенобіотиків (на прикладі фосфорорганічних інсектицидів) / Л. І. Соломенко // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2006. – Вип. 95. – С. 53–59.

145. Соломенко Л. І. Екологічна оцінка впливу токсичних речовин на агрофітоценози / Л. І. Соломенко, Ю. О. Петрова // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Агронімія. – 2013. – Вип. 183(2). – С. 230-235.

146 Petruk V. et al., The method of multispectral image processing of phytoplankton for environmental control of water pollution, Proc. SPIE, USA, 2015, vol. 9816, pp 98161N.

147. Закон України «Про відходи» від 5 березня 1998 р. / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К. : Парлам. вид-во, 1998. – 168 с.

148. Звіт про науково-дослідну роботу «Розробка та впровадження моделі поводження з твердими побутовими відходами у м. Ладижин (Вінницька обл.)» в рамках реалізації проекту «Аналіз економічних сценаріїв та розробка моделі поводження з твердими побутовими відходами» – Вінниця, ВНТУ, 2013. – 70 с.

149. Інтегроване управління та поводження з твердими побутовими відходами у Вінницькій області. Монографія / Під ред. В. Г. Петрука. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 160 с.

150. Петрук В. Г., Васильківський І. В., Кватернюк С. М., Турчик П. М., Іщенко В. А., Петрук Р. В. Управління та поводження з відходами. Частина 2. Тверді побутові відходи: навчальний посібник – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 243 с.

151. Петрук В.Г., Васильківський І.В., Іщенко В.А., Петрук Р.В. Управління та поводження з відходами. Частина 3. Полігони твердих побутових відходів: навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 139 с.

152. Методичні рекомендації по впровадженню системи моніторингу у сфері поводження з твердими побутовими відходами. Затверджено наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України № 295 від 02.10.2008 р. – 8 с.

153. Стратегія інтегрованого поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) у Тульчинському цільовому регіоні. Затверджена рішенням № 35 сесії Тульчинської міської ради 6 скликання від 15.04.2013 року

154. Поводження з відходами на Полтавщині. Монографія / За заг. ред. Голика Ю. С., Ілляш О. Е. – Полтава: Полтавський літератор, 2009. – 292 с.

155. Обґрунтування наукових засад безпечного поводження та ефективного транспортування твердих побутових відходів (на прикладі м. Житомира) : дис. ...

канд. техн. наук : 21.06.01 / Коцюба Ірина Григорівна; Житомир. держ. технол. ун-т. – Житомир, 2013. – 214 с.

156. Руководство по современному управлению твердыми бытовыми отходами / Филипп Фишо // Программа Тасис «Устойчивое развитие в Украине». – К. – 316 с.

157. Краснянский М. Е. Утилизация и рекуперация отходов. – Харьков: Бурун и К, К. : КНТ, 2007. – 288 с.

158. Сучасний стан політики поводження з електронними відходами в Україні та Європейському Союзі: кроки до зближення Посібник. Екологічна громадська організація "Мама-86", Київ — 2013. — 172 с.

159. Управління та поводження з відходами. Навчальний посібник. Ч. 1. Технології знезараження непридатних пестицидів / [Петрук В.Г., Ранський А.П., Васильківський І.В., Іщенко В.А., Безвозюк І.І., Петрук Р.В.] – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 265 с.

160. S. A. Ostroumov. Biological Effects of Surfactants. CRC Press, Taylor & Francis. Boca Raton, London, New York, – 2006, – 279 p.

161. Стратегія поводження з відходами, що містять ртуть. Програма розвитку ООН в Україні. Трансформація ринку в напрямку енергоефективного освітлення 2014.

162. Ective 2002/96/ec of the European parliament and of the council of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment (WEEE) [<http://data.europa.eu/eli/dir/2002/96/oj>]

163. Council Directive 91/157/EEC of 18 March 1991 on batteries and accumulators containing certain dangerous substances [<http://data.europa.eu/eli/dir/1991/157/oj>]

164. 94/904/EC: Council Decision of 22 December 1994 establishing a list of hazardous waste pursuant to Article 1 (4) of Council Directive 91/689/EEC on hazardous waste [<http://data.europa.eu/eli/dec/1994/904/oj>]

165. Методичні рекомендації щодо безпечного поводження з компонентами (складовими) небезпечних відходів у складі побутових відходів. Затверджено На-

казом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України № 423 від 30.08.2013 р.

166. Ранський А.П. Повний лужний гідроліз некондиційного пестицидного препарату диметоат з отриманням екологічно безпечних продуктів/ Ранський А.П., Петрук Р.В./ Вісник НАУ 2012. – №1. – С. 258-265.

167. Екологічні аспекти термічного знешкодження непридатних отрутохімікатів. Монографія / Петрук В.Г., Яворська О.Г., Васильківський І.В., Ранський А.П., Іщенко В.А., Петрук Р.В., Петрук Г.Д., Тхор І.І., Кватернюк С. М. / Під ред. д.т.н., проф.Петрука В.Г. – Вінниця: Універсум-Вінниця, 2006. –254 с.

168. Rima Sengupta. Effects of Core Modification on Electronic Properties of para-Benzporphyrins / Rima Sengupta, Kishor G. Thorat, Mangalampalli Ravikanth. / Inorganic Chemistry 2019, 58 (18) , 12069-12082. DOI: [10.1021/acs.inorgchem.9b01374].

169. Мельников Н.Н. Химические средства защиты растений (пестициды). Справочник / Мельников Н.Н., Новожилов К.В., Пылова Т.Н. - М.: Химия, 1980. – 288с.

170. Мельников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. / Мельников Н.Н./ М.: Химия. 1987. - 712 с.

171. Pesticide Analytical Manual. - Washington, D.C., USA: Food and Drug Administration, 2011. - Vol. I. -. 232 p.

172. Manual of Pesticide Residue Analysis. Section Individual Pesticide Residue Analytical Methods. - Weinheim, FRG: Deutsche Forschungsgemeinschaft. – 1987. - Vol. I. – P.159.

173. Chemistry Laboratory Guidebook, Food Safety and Inspection Service, Science Program. - Washington, D.C., USA: United States Department of Agriculture. - 2010.- Section 5., P.18-25.

174. Maybury B.R. Laboratory Manual for Pesticide Residues Analysis in Agricultural Products. - Canada, Ottawa, Ont.: Pesticide Laboratory, Food Production and Inspection Branch, Agriculture. - 1984. - 250 p.

175 Mosse A.L., Savchenko G.E., Savchin V.V., Levashov A.V. Mobile Plasma Systems. Variants of Design, Application and Comparative Analysis. – Journal “Energy technologies and resource saving”, Moscow.– 2012. – №4. – p 8-15.

176. Петрук Р. В. Комплексна переробка фосфоровмісних пестицидів до екологічно безпечних продуктів та рекультивація забруднених ґрунтів. / Петрук Р. В., Ранський А. П., Петрук В. Г./ – Монографія. – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 136 с.

177. Качинський А. Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення. – К.: НІСД, 2001. – 312 с.

178. Закон України «Про пестициди та агрохімікати», ВРУ. – К.: Відомості ВРУ, 1995. - № 14. – 91 с.

179. Юрченко А. І. Проблеми та засоби знешкодження залишків пестицидів на території складів агрохімікатів / Юрченко А. І., Бреславець А. І., Предместніков О.Г. / Проблеми охорони НПС та екобезпеки: Зб. наук. праць УНДІЕП.-Х.: Рейдер, 2009.- вип. 31, 2009.- С.202-209.

180. Лисиченко Г. В., Забулонов Ю. Л. Ю., Хміль Г. А. Природний, техногенний та екологічний ризику: аналіз, оцінка, управління./ Лисиченко Г. В., Забулонов Ю. Л. Ю., Хміль Г. А. / Монографія. – К.: Наук. думка, 2008. – 543 с.

181. Іванків М. Я. Агротехнологічні заходи зниження рівня хлорорганічних пестицидів та їх похідних у ґрунтах/Іванків М. Я., Вовк С. О./ Науково-технічний бюлетень ДНДКІВПКД. вип.15, №1. – 2014. – С.164-170.

182. Фурдичко О. І., Моклячук Л. І. Методичні рекомендації з агроекологічного моніторингу територій, забруднених стійкими органічними забруднювачами. / Фурдичко О. І., Моклячук Л. І. / – К.: Мінагрополітики, 2010. – 32 с.

183. Моклячук Л. І. Склади зберігання непридатних та заборонених до використання ХЗЗР – джерело небезпеки для навколишнього середовища / Моклячук Л. І., Баранов Ю. С., Городинська І. М. та ін. / Зб. наук. праць ВНАУ. – Вінниця, 2012. – Вип. № 1 (57). – С. 65-69.

184. Мудрий І. В. Еколого-гігієнічне значення проведення санітарно-епідеміологічного обстеження об'єктів довкілля та виробничих приміщень коли-

шніх складів пестицидів і мінеральних добрив / Мудрий І. В., Лепьошкін І. В., Бобильова О. О. та ін. / Довкілля та здоров'я, 2007. - № 1. – С. 45-47.

185. Моклячук Т. О. Методи оцінки екологічного ризику від забруднення стійкими пестицидами / Т. О. Моклячук / Збалансоване природокористування. – № 2, 2014. – С. 135-142.

186. Моклячук Л. І. Оцінка екологічних ризиків в зонах впливу складів отрутохімікатів / Моклячук Л. І., Городиська І. М, Монарх В. В. та ін./ Збалансоване природокористування. - № 3, 2017. – С. 145-150.

187. Башкин В. Н. Управление экологическими рисками. / Башкин В. Н / Монография. - М.: Научный мир, 2005. – 368 с.

188. Rani K. Bioremediation and Biodegradation of Pesticide from Contaminated Soil and Water - A Novel Approach /Kavita Rani, Geeta Dhanial/ International journal of Current Microbiology and Applied Sciences. – Volume 3, N.10 – 2014, – pp. 23-33.

189. Kopetskyu V. Ex situ treatment approach used for soil impacted with cyanides/ Viktor Kopetskyu, Jim Phimister/ Environmental Science & Engineering Magazine [https://esemag.com/hazmat-remediation/ex-situ-treatment-soil-impacted-cyanides/]

190. Morillo E. Advanced technologies for the remediation of pesticide-contaminated soils /E.Morillo, J.Villaverde / Science of The Total Environment Volume 586– 2017, – Pages 576-597.

191. Balawejder M. A method for remediation of soil contaminated with simazine/ Maciej Balawejder, Radosław Józefczyk, Piotr Antos, Marcin Pieniążek / Archives of Environmental Protection Vol. 42 no. 3 pp. 41–46

192. Шильникова Н. В. Влияние пестицидов на биоценоз почвенного покрова / Шильникова Н. В., Андрияшина Т. В. / Вестник Казанского технологического университета. – Том. 15. № 7., – 2012., – С. 140-144.

193. Добровольский Г.В. Охрана почв. /Добровольский Г.В., Гришина Л.А./ М: Изд-во МГУ. –1985. – 224 с

194. Brusa T. Microbial degradation of the sulfonylurea herbicides. / Brusa T., Puppo E. / Current knowledge, V. 45. № 2. – 1995.– P. 321-330.

195. Feng Y. Photolytic and microbial degradation of 3,5,6-trichloro-2-pyridinol. Environ. / Feng Y., Minard R. D., Bollag J.-M. / Toxicol and Chem. V. 17. № 5.– 1998. – P. 814-819.

196. Ашихмина Т. Я. Биотрансформация пестицидов в наземных экосистемах (обзор литературы) / Ашихмина Т. Я., Колупаев А. В., Широких А. А. / Теоретическая и прикладная экология, № 2. – 2010.– С. 4-12.

197. Головлева Л. А. Роль микроорганизмов в разложении пестицидов в окружающей среде / Головлева Л. А., Финкельштейн З. И., Перцова Р. Н. / Результаты научных исследований в практику сельского хозяйства. М: Наука. – 1982. – С. 64-73.

198. Круглов Ю. В. Микрофлора почвы и пестициды. / Круглов Ю. В. / М.: Агропромиздат, – 1991. – 128 с.

199. Реакция почвенной микробиоты на действие пестицидов (обзор) / Домрачева Л. И., Ашихмина Т. Я., Кондакова Л. В., Березин Г. И. / Теоритическая и прикладная экология., № 3. –2012.– С. 4-18.

200. Zablotowicz R. M. Algal transformation of flumeturon and atrazine by Ndealkylation / Zablotowicz R. M., Schrader K. K., Locke M. A. / J. Environ Sci and Health, V. 33. № 5. –1998.–P. 511-528.

201. Shapir N. Atrazine degradation in subsurface soil by indigenous and introduced microorganisms / Shapir N., Mandelbaum T. / J. Agr and Food Chem, V. 45. № 45 –1997.– P. 4481-4486

202. Microbial transformations of prosulfuron / Kulowski K., Zirbes E. L., Thede B. M., Rosazza J. N. / J. Agr and Food Chem ,V. 45. № 4. – 1997. – P. 1479-1485.

203. Mercadier C. Iprodione degradation by isolated soil microorganisms / Mercadier C., Vega D., Bastide J. / Fems Microbiol. Eco, V. 23. 3. – 1997. – P. 207-215

204. Maloney S. E. Degradation of insecticides and herbicides by Fuhgi / Maloney S. E. / J. Chem Technol and Biotechnol, V. 71. № 4. – 1998.– P. 360-362.

205. Yang L. Выделение и характеристика бактерий, разлагающих хлорпирифос и их использование для биовосстановления почвы / Yang L., Zhao Y., Zhang B. / *Shengming kexue yanjiu.*, V. 9. № 3. – 2005. – P. 247-253.
206. Zhang D. Separation of the photosynthetic bacterium HP-1 capable of degradation of organophosphorus insecticides / Zhang D., Tan X., Luo X., He M., Dai J., Zhang Z., Oiu Y. / *Shengming kexue yanjiu.*, V. 9. № 3. – 2005. – P. 247-253.
207. Захарченко М. А. К вопросу об использовании фитотехнологий для ремедиации почв, загрязненных пестицидами./ Захарченко М. А., Рыжкова М. Н., Рижикова И. и др. / *Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник.*, № 93. – 2010.– С. 388- 392.
208. Barth E. F. An overview oh the history, present status and future direction of solidification / stabilization technologies for hazardous waste treatment. Proc 2nd Ann Symp Solidificstion / Stabilization Mechanisms and Applications, Beaumont (USA). Beaumont, – 1990. – P. 1-6
209. Пронина Н. Б. Экологические стрессы (причины, классификация, тестирование, физиолого-биохимические механизмы). М. Изд-во Мос. сельхоз. акад., – 2000. – 310 с
210. Кайгородов Р. В. Устойчивость растений к химическому загрязнению. Пермь. Изд-во Перм. гос. ун-та. – 2010.–151 с.
211. McGuinness M., Dowling D. Plant-Associated Bacterial Degradation of Toxic Organic Compounds in Soil./ McGuinness M., Dowling D. / *J. Environ. Rens. Public Health*, № 6(8) – 2009 – P. 2226-2247.
212. Гарипова С. Р. Перспективы использования эндофитных бактерий в биоремедиации почв агроэкосистем от пестицидов и других ксенобиотиков. *Успехи современной биологии*, Т. 134. № 1. – 2014.. – С.35- 47.
213. Моклячук Л. И.. Фиторемедиационные технологии - метод восстановления загрязненных пестицидами почв./ Моклячук Л. И., Андриенко Г. Г., Слободенюк Е. А. / *Сотрудничество для решения проблемы отходов : Тезиси докладов*

Международной конференции, 9-10 февраля 2005 г. Харьков, –2005. [https://waste.ua/cooperation/2005/theses/moklyanchuk.html]

214. Моклячук Л. І., Зацарінна Ю. О. Наукові основи фітореMediaції забруднених трифлураліном ґрунтів при вирощуванні лікарських рослин. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2012. № 1 (30). [http://nd.nubip.edu.ba/2012_1/12mpi.pdf]

215. Волгина Т. В., Новиков В. Т., Регужева Д. В. Пути распространения пестицидов в объектах окружающей среды /Волгина Т. В., Новиков В. Т., Регужева Д. В. / Региональные проблемы, Том. 13. № I. – 2010. – С. 76-81

216. Калугин С. Н. Индуцированная фитореMediaция почв с помощью производных оксана./ Калугин С. Н., Нуржанова А. А., Байжуманова Р. А. и др. / Известия Самарского научного центра Российской академии наук., Т 3. № 3 (4). – 2013.– С. 1306-1310.

217. Горбатова О. Н., Жердев А. В., Королева О. В. Триазиновые пестициды: структура, действие на живые организмы, процессы деградации / Горбатова О. Н., Жердев А. В., Королева О. В./ Успехи биологической химии, Том 46.– 2006.– С. 323-348.

218. Самохвалова В. Л. Біологічні методи реMediaції ґрунтів, забруднених важкими металами / Біологічні студії. – 2014. т. 8, № 1. – С. 217-236.

219. Штика О. С. Оцінка ефективності сучасних технологій реMediaції ґрунтів, забруднених важкими металами / Київ: НАУ, 2014. – С. 47-60.

220. Городинська І. М. реMediaція забрудненого хлорорганічними пестицидами ґрунту за допомогою лужних агентів: дис. канд. с.-г. наук: 03.00.16 / інституту агроecології УААН. – Київ: 2006. – 184 с

221. Слободенюк О.А. ФітореMediaція ґрунтів, забруднених стійкими хлорорганічними пестицидами: автореф. дис. на здобуття наук, ступеня кандидата с.-г. наук: спец. 03.00.16 „Еcологія” / О.А. Слободенюк - К., 2008. - 20 с.

222. Національний стандарт. Якість ґрунту. ДСТУ ISO 11074-4: 2004.

223. Моклянчук Л. І. Науково-методичні підходи до фітореMediaції забруднених пестицидами ґрунтів / Моклянчук Л. І., Слободенюк О. А., Петришина В. А. / Агроecологічний журнал. – 2008. – С. 188-190
224. Патика В. Хлороорганічні речовини і біотехнології очищення ґрунтів / Патика В., Багнюк В. / Вісник НАНУ. – 2004. - № 6. – С. 22-31
225. Моклянчук Т. О. Еколого-економічна оцінка ремедіації забруднених земель сільськогосподарського призначення: автореф. дис. канд. екон. наук: 08.00.06. – Київ:, 2015. – 21 с
226. Пацула О. І. Використання *SALIX VIMINALIS* L. для фітореMediaції ґрунтів, забруднених важкими металами / Пацула О. І., Фецюх А. Б., Буньо Л. В. / Екологічні науки. – Том 2, № 1 (20), 2011. – С. 101-106
227. Struthers J. K., Jayachandran K., Moorman T. B. Biodegradation of atrazine of *Agrobacterium radiobacter* J14a and use of this strain in bioremediation of contaminated soil // *Appl. And Environ. Microbiol.* 1998. V. 64. № 9. P. 3368-3375.
228. Shapir N., Mandelbaum T. Atrazine degradation in subsurface soil by indigenous and introduced microorganisms // *J. Agr and Food Chem.* 1997. V. 45. № 45. P. 4481-4486.
229. Ponneelan K. T. P. B., Subramanian C., Suchitra R., Ganesh K. G. Studies on the pesticide (Lindane) utilizing in the paddy field // *J. Ecotoxicol and Environ Monit.* 2006. № 3. V. 16. P. 211-214.
230. Masaphy S., Fahima T., Levanon D., Henis Y., Mihgelgrin U. Paration degradation by *Xanthomonas sp.* And its crude enzyme extract in clay suspensions // *J. Environ Qual.* 1996. V. 26. № 6. P. 1248-1255.
231. Захарченко М. А., Рыжкова М. Н., Рижикова И. А., Мельник Л. В., Рыжиков А. М. К вопросу об использовании фитотехнологий для ремедиаии почв, загрязненных пестицидами. Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник. 2010. № 93. С. 388- 392.

232. Бессонова Е.А. Экономическая оценка различных видов биологической рекультивации нарушенных земель / Бессонова Е.А. – Орел: Вестник ОРЕЛГАУ, 2011. – С.97-100.

233. Петрук Р. В. Комплексний метод переробки фосфорвмісних пестицидів до екологічно безпечних продуктів та рекультивації забруднених ґрунтів : автореф. дис. канд. техн. наук : 21.06.01 / Р. В. Петрук; Держ. екол. акад. післядиплом. освіти та упр. - К., 2013. - 18 с. – укр.

234. Генік Я.В. Еколого-біологічні основи відновлення ландшафтів, порушених звалищами та полігонами твердих побутових відходів / Я.В. Генік – Л.: Науковий вісник НЛТУ України, Вип 19.2 – 2009. – С.28-33.

235. Подольчак І. І. Класифікація упакувань – складова частина інтегрованої системи управління твердими побутовими відходами. // І. І. Подольчак, В. Д. Погребенник // Збірник наукових праць VI-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – С. 74.

236. Михалків А. А. Нормативно-правове регулювання утилізації тари / А. А. Михалків / Проблеми теорії та методології бухгалтерського обліку, контролю і аналізу. – 2012. – № 2 (23). – С. 189-192

237. Артюшенко А. Ю. Проблеми пакування товарів в Україні та шляхи вирішення проблем у цій сфері / А. Ю. Артюшенко, О. П. Костенко // Вестник НТУ «ХПИ» - 2017. – С. 160-165.

238. Гуштан Т. А. Проблеми утилізації відходів пакування (світовий та вітчизняний досвід) / Т. А. Гуштан // Журнал «ЛОГОС», 2016. – С. 96-101

239. Подольчак І. І. Використання світового досвіду утилізації упакувальних відходів в Україні / І. І. Подольчак, В. Д. Погребенник / Міжнародний науковий симпозіум «Сталий розвиток – стан та перспективи», Львів-Славське, 28 лютого – 3 березня 2018 р. – С. 134-137.

240. Директива № 94/62/ЄС Європейського Парламенту і Ради про упаковку і відходи від упаковки від 20 листопада 1994. Офіційний журнал № L 365, 31/12/1994 с. 0010-0023.

241. Marzena Ucherek. Opakowania a ochrona srodowiska. Krakow: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowiu. – 2005. – 70 s.

242. Сірик Т. А. Відходи упаковки та їхня утилізація / Сірик Т. А. / Упаковка. 2011. - № 4. – С. 60-61.

243. Як позбутися відходів упаковки ? Чому прийняти норми ЄС недостатньо [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.eurointegration.com.ua/experts/2016/27/7048074/>

244. FAO. FAO Pesticide Disposal Series No 4, Disposal of bulk quantities of obsolete pesticides in developing countries. Rome, 1996 [text available at: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/obsolete_pesticides/docs/w1604e.pdf]

245. UNECE. The European agreement concerning the international transport of dangerous goods by road. Geneva, 2007 [text available at <http://www.unece.org/trans/danger/publi/adr/adr2007/07ContentsE.html>]

246. UNECE. Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals, Second revised edition. New York and Geneva, 2007 [text at: http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev02/02files_e.html]

247. North Dakota State University. Pesticide Container Rinsing and Water Quality, Vern Hofman, and Greg Dahl, March 1993 [<http://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/pests/ae1052w.htm>]

248. University of Florida IFAS (Institute of Food and Agricultural Sciences) Proper Disposal of Pesticide Waste [<http://edis.ifas.ufl.edu/PI010>]

249. UNEP, Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal. Geneva, 1989 [further information and text at:<http://www.basel.int/>]

250. European Crop Protection Association. Container Management Guideline. 2005 [<http://www.ecpa.eu/dashboard/life-cycle/container-management-and-disposal-obsoletestock>]

251. EU. European Waste Catalogue, European Commission Decision 2001/118/EC (as amended by 2001/119/EC), 2001

252. STAP. POPs Workshop on Emerging Innovative Technologies for the Destruction and Decontamination of Obsolete POPs, 1st-3rd October 2003, GEF's Scientific and Technical Advisory Panel, 2003 [<http://www.unep.org/stap/>]

253. ILO. Convention concerning Safety in the Use of Chemicals at Work. Geneva, 1990 [text at <http://www.ilo.org/ilolex/cgi-lex/convde.pl?C170> – document C170]

254. UNEP, Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Geneva, 2001 [further information and text at: <http://chm.pops.int/default.aspx>]

255. FAO/UNEP Rotterdam Convention on the Prior Informed Consent (PIC) Procedure for Certain Hazardous Chemicals and Pesticides in International Trade. Rome/Geneva, 1998 [further information and text at: <http://www.pic.int>]

256. Organization Of African Unity. Bamako Convention on the Ban of the Import Into Africa and the Control of Transboundary Movement and Management of Hazardous Wastes Within Africa. Bamako, 1991.

257. FAO. International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides. Rome, 2005 [available at: <http://www.fao.org/agriculture/crops/corethemes/theme/pests/pm/code/en/>]

258. Козак А. Упаковка: одноразова чи багаторазова / Козак А. / Харчова і переробна промисловість. - № 1. – 2000. – С. 31-32.

259. Сірик Т. А. Скляна тара – один із перспективних видів багаторазової упаковки / Т. А. Сірик / Вісник СумДУ. Серія Економіка. – 2011. - № 3. – С. 49-57.

260. Слабкий В. Г. Скільки коштує утилізувати відходи упаковки? // В. Г. Слабкий, В. М. Кривошей // Упаковка. – 2011. - № 6. – С. 49-52.

261. Консолідований державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні за 2008-2015 роки. Режим доступу до матеріалу: [www.data.gov.ua]

262. Мельников Н. Н. К вопросу сравнительной экотоксичности некоторых фунгицидов // Н. Н. Мельников / – М.: Агрехимия, 1997, – № 6. – С. 65-66.

263. Мельников Н.Н. Сравнительная экотоксикологическая опасность некоторых инсектицидов – производных фосфорных кислот, карбаминовой кислоты и

синтетических пиретроидов / Н.Н.Мельников, С.Р.Белан / – М.: Агрохимия, 1997. – № 1. – С. 70–72.

264. Directive on the approximation of laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances: coll. of reg.doc. Directive 67/548/EEC L196 European Union laws, 1967. – P. 1–98.

265. Карта ґрунтів України. Режим доступу:

[<https://superagronom.com/karty/agrohimichna-karta-ukrainy>]

266. Качинський А.Б. Антропогенні навантаження та екологічна безпека в системі «Пестициди – навколишнє середовище – здоров'я населення на основі аналізу ризику» / А.Б. Качинський/ К.: Національний Інститут стратегічних досліджень, № 26, – 1994. – 30 с.

267. Закон України “Про приєднання України до Базельської конвенції про контроль за транскордонними перевезеннями небезпечних відходів та їх видалення” [Електронний ресурс]. Режим доступу:

[<http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/803-14>].

268. Bell M. G. H. Mixed Route Strategies for the Risk-Averse Shipment of Hazardous / M. G. H. Bell // Materials, Networks and Spatial Economics., Vol. 6 (3). – 2006. – P. 253-265.

269. Alp E. Risk-based transportation planning practice: overall methodology and a case example / E. Alp / INFOR, № 33.. – 1995. – P. 4-19.

270. Erkut E. Transport risk models for hazardous materials: revisited / E. Erkut, A. Ingolfsson // Operations Research Letters, № 33 (1). – 2005. – P. 81-89.

271. Erkut E. Catastrophe avoidance models for hazardous materials route planning / E. Erkut, A. Ingolfsson / Transportation Science., № 34 – 2000. – P. 165-179.

272. ReVelle C. Simultaneous siting and routing in the disposal of hazardous wastes / C. ReVelle, J. Cohon, D. Shobrys / Transportation Science., Vol. 25, № 2. – 1991.– P. 138-145.

273. Harwood D. W. Procedure for developing truck accident and release rates for hazmat routing / D. W. Harwood, J. G. Viner, E. R. Russell / Journal of transportation engineering, № 119. – 1993.– P. 189-199.

274. Постанова Кабінету Міністрів України від 13 липня 2000 р. № 1120 “Про затвердження Положення про контроль за транскордонними перевезеннями небезпечних відходів та їх утилізацією/видаленням і Жовтого та Зеленого переліків відходів” [Електронний ресурс]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1120-2000-%D0%BF>. (дата звернення 15.11.2018).

275. Зеркалов Д.В., Кацман м. Д., Ковтун А. І. Наукові основи техногенно-екологічної безпеки . Моног. / Д. В. Зеркалов, М. Д. Кацман, М. І. Адаменко, О. Г. Родкевич, Т. В. Пічкур . За редакцією Д. В. Зеркалова – К.: «ОСНОВА». 2014. – 1117С.

276. Коноваленко Ю. В. Моделювання ризиків при перевезенні небезпечних вантажів. Вісник Київського національного торговельно-економічного університету, № 5. – 2011.– С. 82-97.

277. Erkut E. Modeling of transport risk for hazardous materials. / Erkut E., Verter V. / Operations Research, № 46. – 1998. – P. 625-642.

278. Gopalan R., Kolluri K., Batta R., Karwan M. Modeling equity of risk in the transportation of hazardous materials. Operations Research, Vol. 38, № 6. – 1990. – P. 961-973.

279. Saccomanno F. F., Chan A. Economic Evaluation of Routing Strategies for Hazardous Road Shipments/ Saccomanno F. F., Chan A./ Transportation Research., №1020. – 1985.– P. 12-18.

280. Петрук В.Г. Оцінка ступеня екологічної безпеки за допомогою байєсівських методів / Петрук В.Г., Турчик П.М., Турчик М.М., Трач І.А., Дубчак О.В. Матеріали IV Регіональної наукової конференції студентів, магістрантів, аспірантів та молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» : зб. наук. стат. (м. Харків, 8-9 грудня 2011 р.) Харків: Вид-во ХНУ імені В.Н. Каразіна. – 2011. – С. 31-33.

281. Турчик П.М. Екологічна безпека та ризики для урбоєкосистем під час перевезення небезпечних відходів./ Турчик П.М., Петрук В.Г., Зігерт Д.М. / Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки: збірник матеріалів МНПК / Національний університет цивільного захисту України. Харків: НУЦЗУ, – 2015. – С. 216-219

282. Турчик П. М., Сушинська М. М., Нагорна К. В. Екологічна безпека та розрахунок ризиків транспортування пестицидних препаратів на основі теорії нечітких множин. III-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2011):збір. наук. стат. (м. Вінниця, 21-24 вересня 2011 р.). Вінниця: ВНТУ, Т.1 – 2011. – С. 108-111.

283. Оцінка техногенних ризиків зберігання, знешкодження та перевезення небезпечних речовин / Турчик П. М., Турчик М. М., Дубчак О. В., Трач І. А. / VI МНПК «Еколого-правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів»: збір. наук. стат. (м. Харків, 19-21 жовтня 2011 р.). Харків: ХНАДУ, – 2011. – С. 39-42.

284 Петрук В. Г., Турчик П. М., Турчик М. М., Дубчак О. В., Трач І. А. Оцінка техногенних ризиків перевезення небезпечних речовин через урбоєкосистеми. / Петрук В. Г., Турчик П. М., Турчик М. М. та ін / 3-й Міжнародний Екологічний Форум «Чисте місто. Чиста ріка. Чиста планета»: збір. наук. стат. (м. Херсон, 17 – 18 листопада 2011 р.). Херсон: ХТПП, 2011. – С. 91-93.

285. Ранський А.П., Петрук Р.В., Турчик П.М. Розрахунок екологічного ризику під час утилізації фосфоровмісних пестицидних препаратів/ Ранський А.П., Петрук Р.В., Турчик П.М./ Вісник Національного технічного університету України «КПІ», Серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження», №2 (10). – 2012. – С. 65-68.

286. Турчик П.М. Методи оцінювання екологічних ризиків при транспортуванні небезпечних речовин./ Турчик П.М., Петрук В.Г/ IV-ий Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю : зб. наук. стат. (м. Вінниця, 25–27 вересня 2013 р.). Вінниця, 2013. – С. 149-151

287. Турчик П.М., Петрук В.Г. Кількісний аналіз ризиків при транспортуванні небезпечних вантажів / Турчик П.М., Петрук В.Г. / Матеріали Міжнародної НПК в рамках I Всеукраїнського молодіжного з'їзду екологів з міжнародною участю «Наука. Молодь. Екологія» : зб. наук. стат. (м. Житомир, 21–23 травня 2014 р.). Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2014. С. 231-234

288. Турчик П.М. Оцінювання ризиків для соціоекосистем під час перевезення небезпечних відходів/ Турчик П.М., Петрук В. Г., Петрук Р. В., та ін/ Збірник наукових Праць Подільського державного аграрно-технічного університету. Спеціальний випуск до IX НПК «Сучасні проблеми збалансованого природокористування». 2014. – С. 144-146

289. Турчик П.М., Петрук В. Г., Гикавчук Л. В. Моделі кількісної оцінки ризиків перевезення небезпечних відходів./ Турчик П.М., Петрук В. Г., Гикавчук Л. В. / Вісник ВПІ, Т. 6. – 2014. – С. 46-51

290. Екологічна безпека під час транспортування небезпечних відходів / Турчик П.М., Петрук В.Г., Бабенко І.В., Сторожа І.В. / Актуальні проблеми дослідження довкілля: зб. наук. стат. (м. Суми, 20-23 травня 2015 р.). Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка, Т. 1 – 2015.– С. 145-147.

291. Турчик П.М. Количественный расчет экологических рисков транспортировки опасных отходов./ Турчик П.М., Петрук В. Г., Бабенко И. В. / Надзвичайні ситуації: безпека та захист. Матеріали Всеукраїнської НПК з міжнародною участю: зб. наук. стат. (м. Черкаси, 9-10 жовтня 2015 р.). Черкаси: ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2015. – С. 557-560

292. Турчик П.М. Розрахунок транспортного ризику процесу перевезення небезпечних відходів/ Турчик П.М., Гурба Д.П. / I МНПК студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки»: зб. наук. стат. (м. Харків, 22 жовтня 2015р.). Харків, – 2015.– С. 20-22.

293. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (Text with EEA relevance) OJ L 312, 22.11.2008, p. 3–30 [<http://data.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj>]

294. Гончаров О. О. Досвід законодавчого забезпечення політики ЄС у сфері поводження з відходами // Вісник НУ «Юридична академія імені Ярослава Мудрого», № 1 (16). – 2014. – 188-197 с.

295. Микієвич М. М. Європейське право навколишнього середовища: навч. посіб. / М. М. Микієвич, Н. І. Андрусевич, Т. О. Будякова. – Львів, 2004. – 256 с.

296. Нові підходи у сфері поводження з відходами в Україні в зв'язку з імплементацією природоохоронних Директив ЄС до вітчизняного законодавства / Повякель Л. І., Сноз С. В., Смердова Л. М., Кривенчук В. Є / Український журнал сучасних проблем токсикології, №1 (73). – 2016,– С.5-12.

297. Постанова Кабміну № 354 від 27.05.1996 р. «Про порядок вилучення і утилізації прострочених або заборонених пестицидів і агрохімікатів». [<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/354-96-%D0%BF>]

298. Мюррей Р. Цель – Zero Waste / Робин Мюррей. – М.: ОМННО «Совет Гринпис», 2004. – 232 с.

299. Національна стратегія з управління відходами в Україні до 2030 року (електронний ресурс). [<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80>]

300. Міщенко В. С., Виговська Г. П. Проблеми імплементації європейського законодавства у сфері поводження з відходами, звіт «Сотрудничество для решения проблемы отходов: Матер. 4-й Междунар. конф.», - Харків, 2007 р.

301. Екосередовище і сучасність / Дорогунцов С. І., Хвестик М. А., Горбач Л. М., Пастушенко П. П. / Управління екосередовищем в умовах регіоналізації. Монографія. – К.: Кондор, 2006. – Т. 5. – 446 с.

302. Сафранов Т.А., Шанина Т.П. Пути усовершенствования системы обращения с бытовыми отходами в Одесской агломерации/ Проблемы сбора, переработки и утилизации отходов: Сб.научн.ст.-Одесса: ОЦНТЭИ, 2001. – С.316-320.

303. Іванюта С.М., Качинський А.Б. Екологічна та природно техногенна безпека України: регіональний вимір загроз і ризиків: монографія. – К.: НІСД, 2012. – 308 с. (ISBN 978-966-554-182-0)

304. Нижник Н.Р., Машков О.А. Системний підхід в організації державного

управління: Навч. посіб. / За заг. ред. Н.Р. Нижник. - К.: Вид-во УАДУ, 1998. - С. 67-70; 81-98; 114-115.

305. Нижник Н.Р., Машков О.А., Мосов С.П. Контроль у сфері державного управління // Вісник УАДУ, 1998. - № 2. - С. 23-31.

306. Петрук В.Г. 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.

307. 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.

308. 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.

309. 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.

310. 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.

ДОДАТОК А СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

1. **Петрук Р.В.** Комплексна переробка фосфорвмісних пестицидів до екологічно безпечних продуктів та рекультивация забруднених ґрунтів / Петрук Р.В., Ранський 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>]
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).
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>]
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.
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).

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>]
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>]

8. Диха О.В., Білик А.П., **Петрук Р.В.** Випробування оптимального вмісту спеціальної присадки до індустриального 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>]

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>]

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>]

11. Джерела екологічної небезпеки упровінції 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>]

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>]

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>]

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>]

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://eco.j.dea.kiev.ua/archives/2015/10-11/16.pdf>]

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://eco.j.dea.kiev.ua/archives/2015/10-11/30.pdf>]

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

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>]

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>]

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

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>]

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]

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>]

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]

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>]

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. [<https://doi.org/10.23939/ep2019.03.125>]

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>]

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>]

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>]

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>]

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.](https://doi.org/10.1117/12.2501636)]

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. Клименко М.О. та ін. 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: матер. 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 Еквадору / 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 Всеук-

раїнський 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 зїзд 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 зїзд 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 зїзд 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 науковопрактичної 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 В09С 1/00 Спосіб прискороного 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 В09С 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 В09В 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.

ДОДАТОК Б ІНФОРМАЦІЯ ЩОДО ОБСЯГІВ НЕПРИДАТНИХ ТА ЗАБОРОНЕНИХ ПЕСТИЦИДІВ

Таблиця – Інформація щодо обсягів непридатних та заборонених пестицидів на території України станом на 01.01.2018

Область:	Кількість непридатних пестицидів(тонн)	Кількість складів (одиниць)	Примітка
Вінницька (без Джу-ринського отрутомогильника)	878,358	135	
Джуринський отрутомогильник, Вінницька область	2115	1	
Дніпропетровська	0	1	Виявлено 40 куб. м
Донецька	0	0	На підконтрольній території
Житомирська	392,18	152	
Запорізька	252,5064	57	
Київська	298,941	23	
Луганська	36,5	4	На підконтрольній території
Миколаївська	166,72	5	
Одеська	558,847	80	
Полтавська	160	25	
Рівненська	46,815	28	
Сумська	560,652	88	
Тернопільська	17,814	7	
Херсонська	1921,804	20	
Хмельницька	253,5185	11	
Черкаська	281,091	13	
Чернігівська	277,9	55	
Усього	8218,647	705	

ДОДАТОК В СХЕМИ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ТЕРМІЧНОГО ЗНЕШКОДЖЕННЯ ПЕСТИЦИДІВ

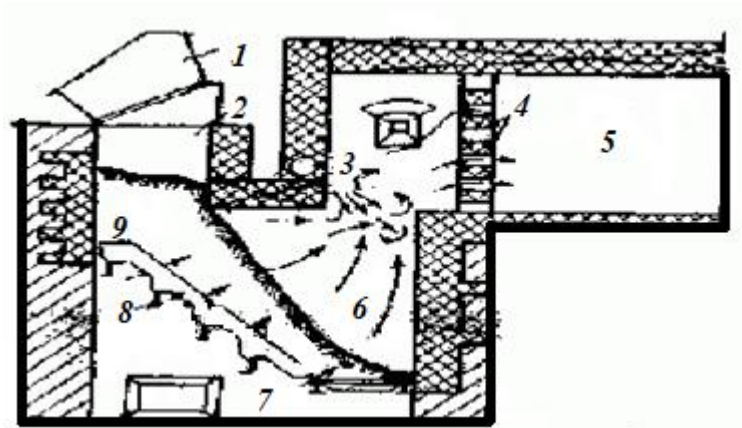


Рисунок В.1 – Схема камерної печі з нерухомими колосниковими ґратами:

1 – бункер; 2 – шахта; 3 – форсунка для подачі вторинного повітря; 4 – вогнетривка насадка; 5 – камера доспалювання; 6 – перша ступінь топки; 7 – подача повітря; 8 – похилі колосникові ґрати; 9 – шар відходів

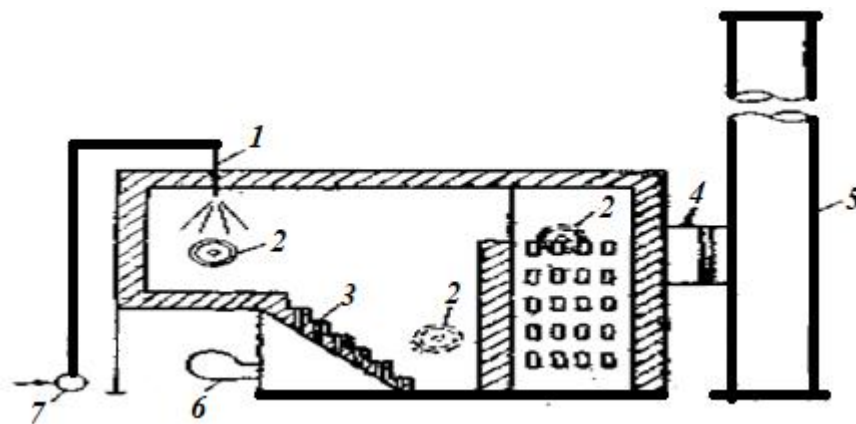


Рисунок В.2 – Камерна піч для спалювання кірки, що утворюється на верхніх метантенках:

1 – розпилювач; 2 – газовий пальник; 3 – ґрати; 4 – димохід; 5 – димар; 6 – вентилятор; 7 – насос

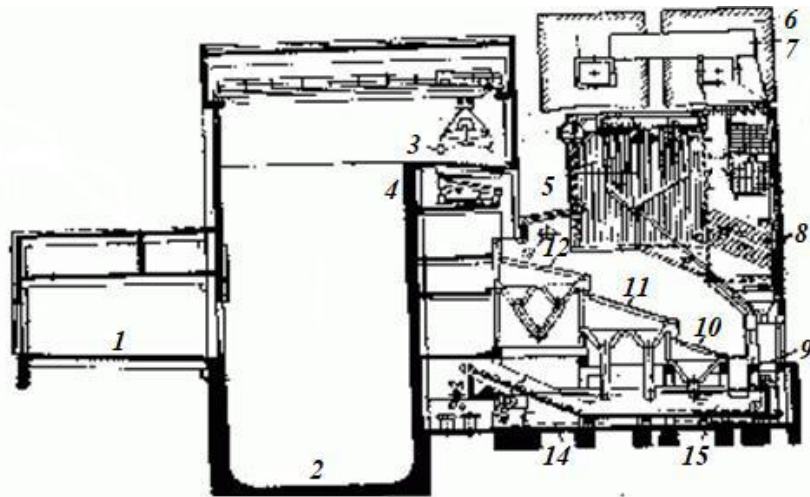


Рисунок В.3 – Модифікація печі фірми "Фенролл":

1 – розвантажувальне приміщення; 2 – бункер для сміття; 3 – грейфер; 4 – вібраційний жолоб; 5 – пароперегрівник; 6 – електрофільтр; 7 – канал димових газів до електрофільтрів; 8 – випарник; 9 – провальна шахта; 10 – доспалювальні ґрати; 11 – головні ґрати; 12 – ґрати для попереднього підсушування; 13 – нафтовий палик; 14 – ланцюговий транспортер; 15 – канал для шлаку

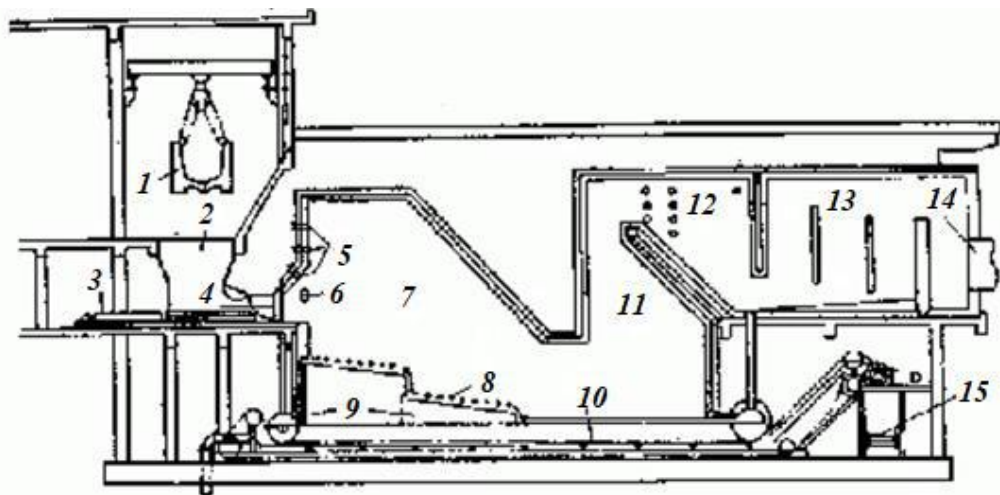


Рисунок В.4 – Схема печі для спалювання твердих пестицидів:

1 – піднімальний кран і абордажний гак; 2 – завантажувальний бункер; 3 – плунжерний підживлювач; 4 – завантажувальний люк; 5 – лотки перегрітого повітря; 6 – палик; 7 – камера згорання; 8 – стокер (механічна топка); 9 – форсунка для введення повітря в камеру згорання; 10 – охолоджувальний бункер і конвеєр для відводу шламу; 11 – камера згорання; 12 – зрошувальна камера; 13 – відстійна камера; 14 – затвор; 15 – поперечний конвеєр

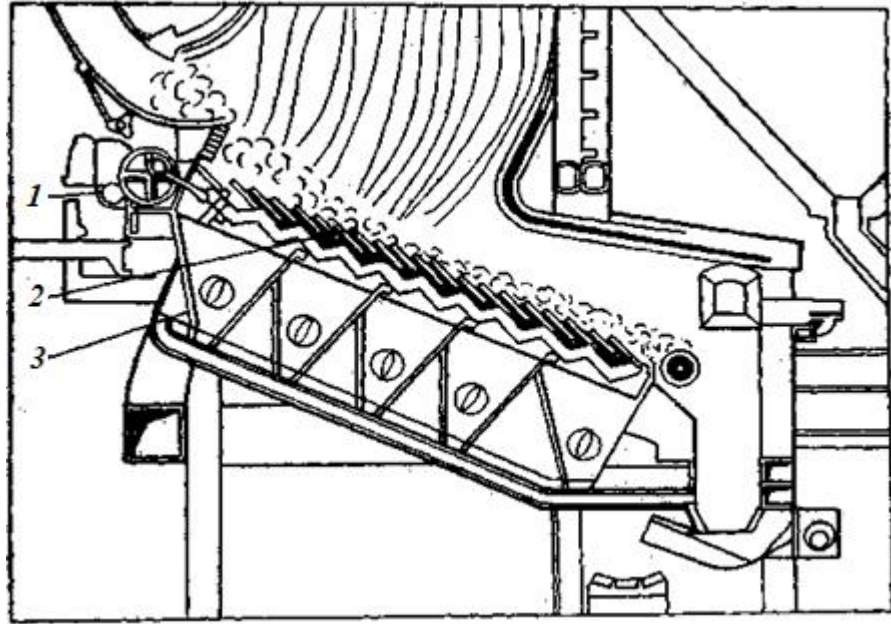


Рисунок В.5 – Установка для спалювання твердих відходів фірми

"Мартін": 1 – привід ґратки; 2 – колосники; 3 – зонне дуття

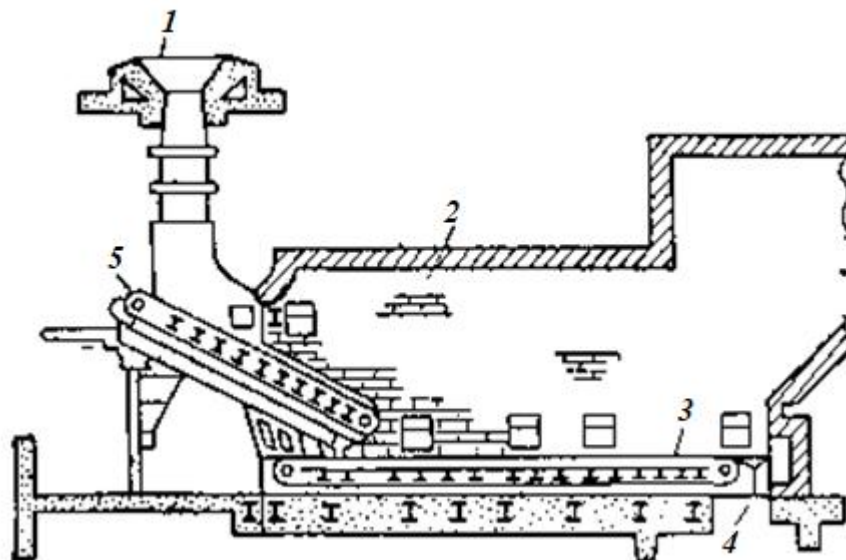
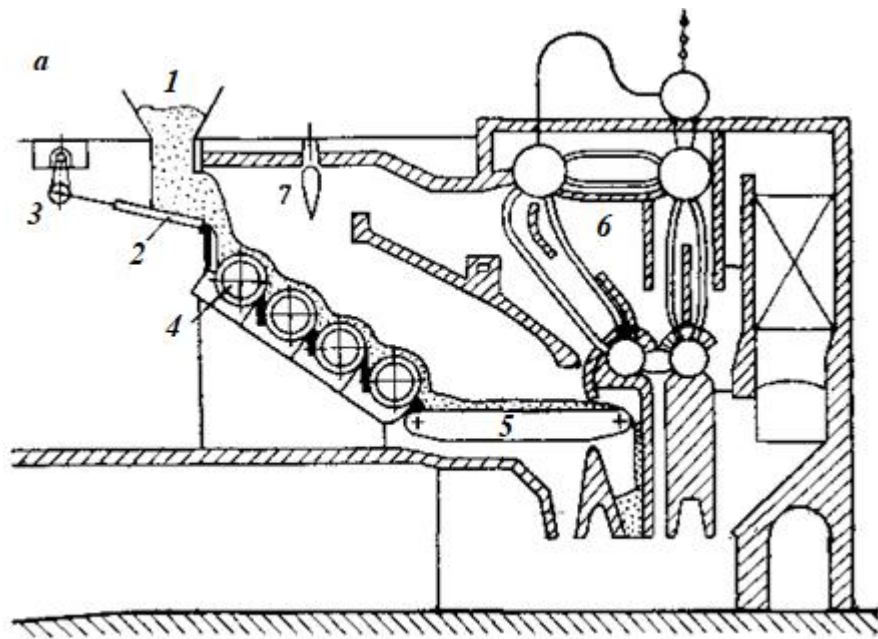


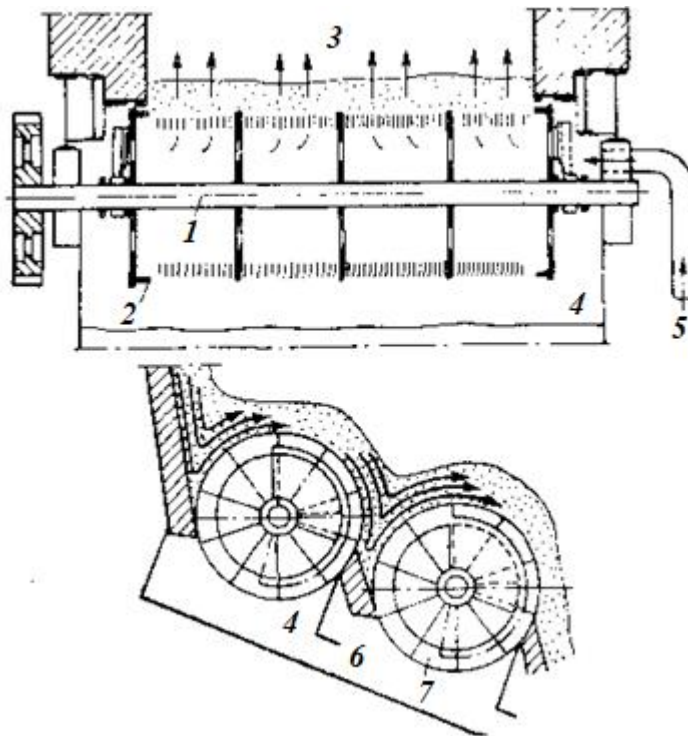
Рисунок В.6 – Загальний вигляд установки з двома механічними топками

(установка рекомендується для великих міст і великих підприємств):

1 – люк для завантаження відходів; 2 – камера спалювання; 3 – транспортер в зоні спалювання; 4 – люк для шламу; 5 – транспортер у зоні підсушування



а)



б)

Рисунок В.7 – Схема печі з вальцьовими ґратами:

а) загальний вид: 1 – шахта для сміття; 2 – живильник; 3 – привід; 4 – вальцьові ґрати; 5 – випалювальні ланцюгові ґрати; 6 – казан-утилізатор; 7 – мазутний пальник; б) схема вальця: 1 – вал; 2 – валець; 3 – топковий простір; 4 – кожух; 5 – труба для подачі повітря

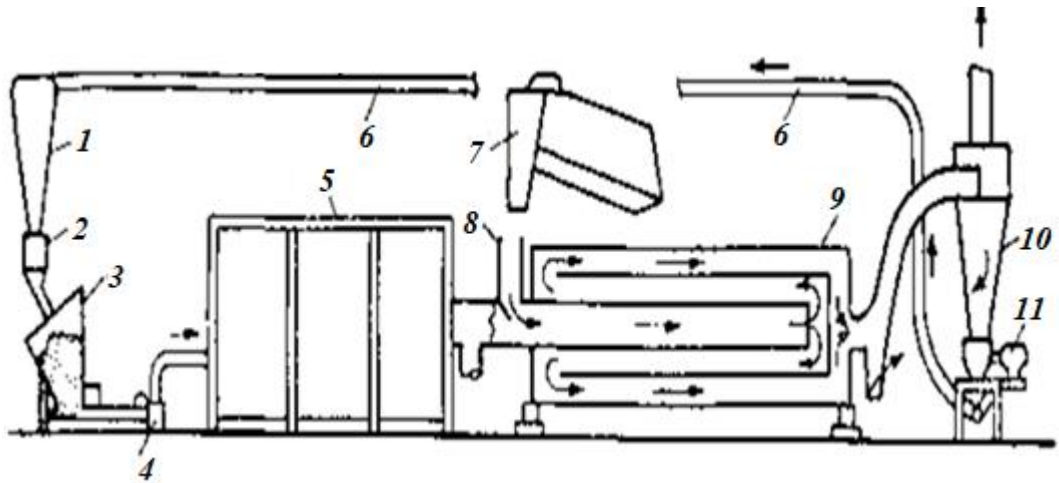


Рисунок В.8 – Схема установки знешкодження твердих пестицидів з використанням тепла газів, що відходять:

1 – циклон; 2 – затвор; 3 – бункер; 4 – живильник; 5 – камерна піч; 6 – труба; 7 – завантажувальний бункер; 8 – патрубок; 9 – барабанна сушарка; 10 – циклон; 11 – вентилятор

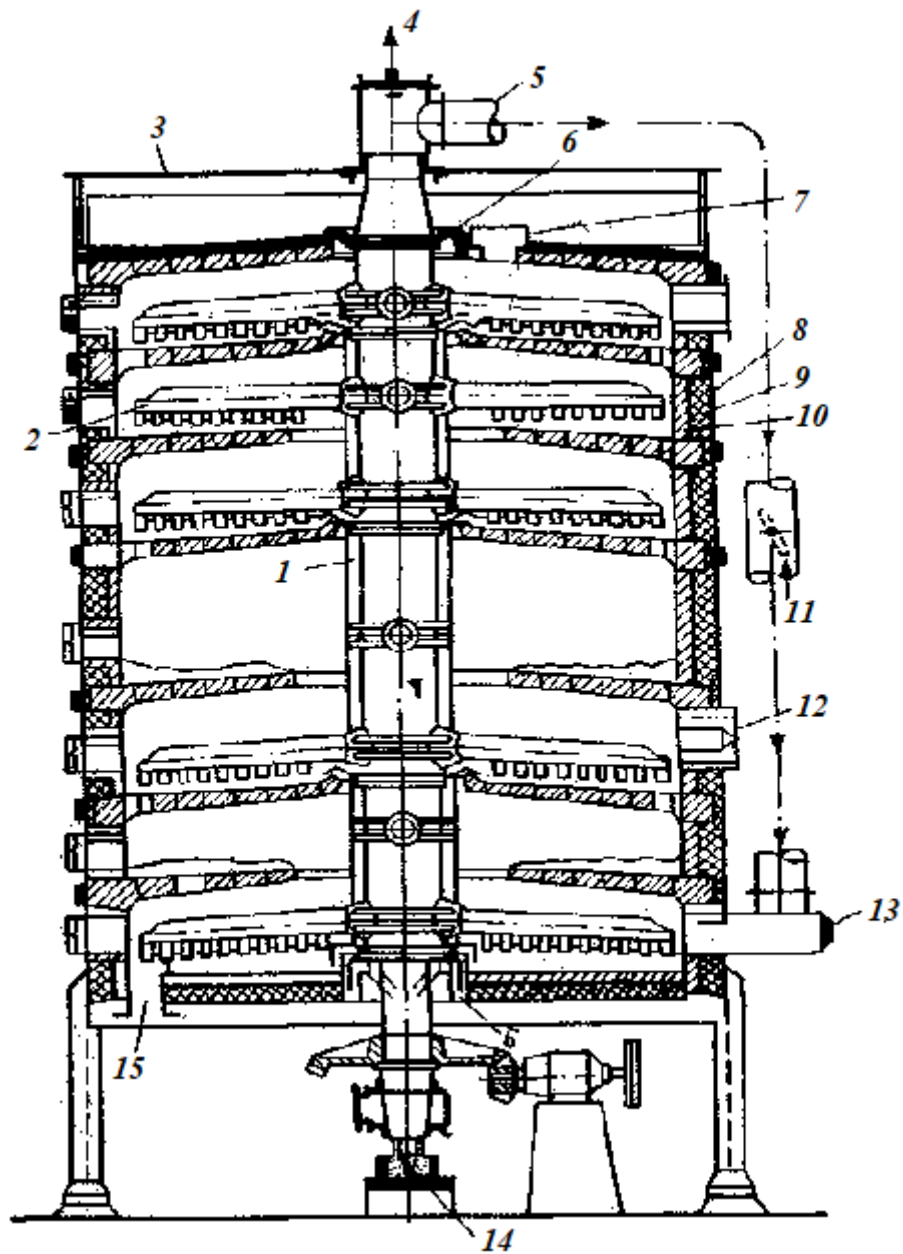


Рисунок В.9 – Поперечний переріз багатоподової печі "Херешоф":

1 – ізоляція; 2 – лопасть; 3 – верхня рама; 4 – труба для виведення надлишку холодного повітря в атмосферу; 5 – патрубок для повернення в топку гарячого повітря; 6 – піщаний затвор; 7 – завантажувальний люк; 8 – сталеві оболонка; 9 – ізоляційна цегла; 10 – вогнетривка цегла; 11 – демпфер; 12 – паливний пальник; 13 – штуцер для повернення гарячого повітря; 14 – патрубок для введення охолоджувального повітря у вісь і лопасті; 15 – труба для виходу золи

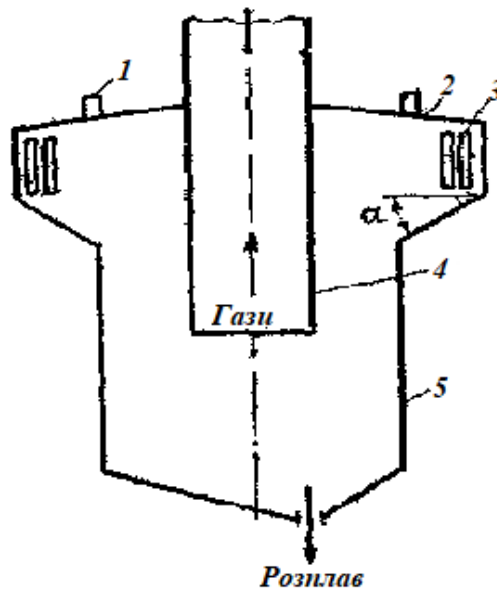


Рисунок В.10 – Принципова конструкція циклонної печі з прямою подачею повітря і твердого пестициду:

1 – завантажувальний люк, 2 – кільцеве розширення; 3 – патрубки; 4 – труба для виведення продуктів згорання; 5 – вертикальний циліндричний корпус

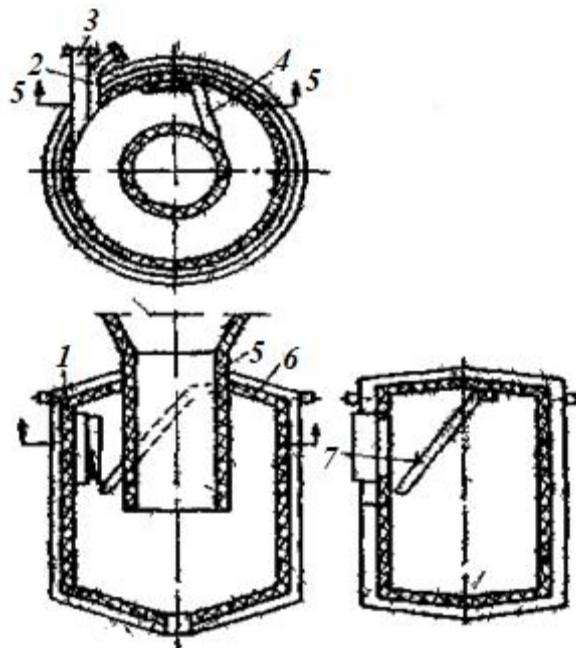


Рисунок В.11 – Принципова конструкція циклонної печі з тангенціальним введенням повітря і твердого пестициду:

1 – циліндричний корпус; 2 – пальник; 3 – сопло повітряного дуття; 4 – виступ внутрішній; 5 – відповідний патрубок; 6 – кришка; 7 – виступ

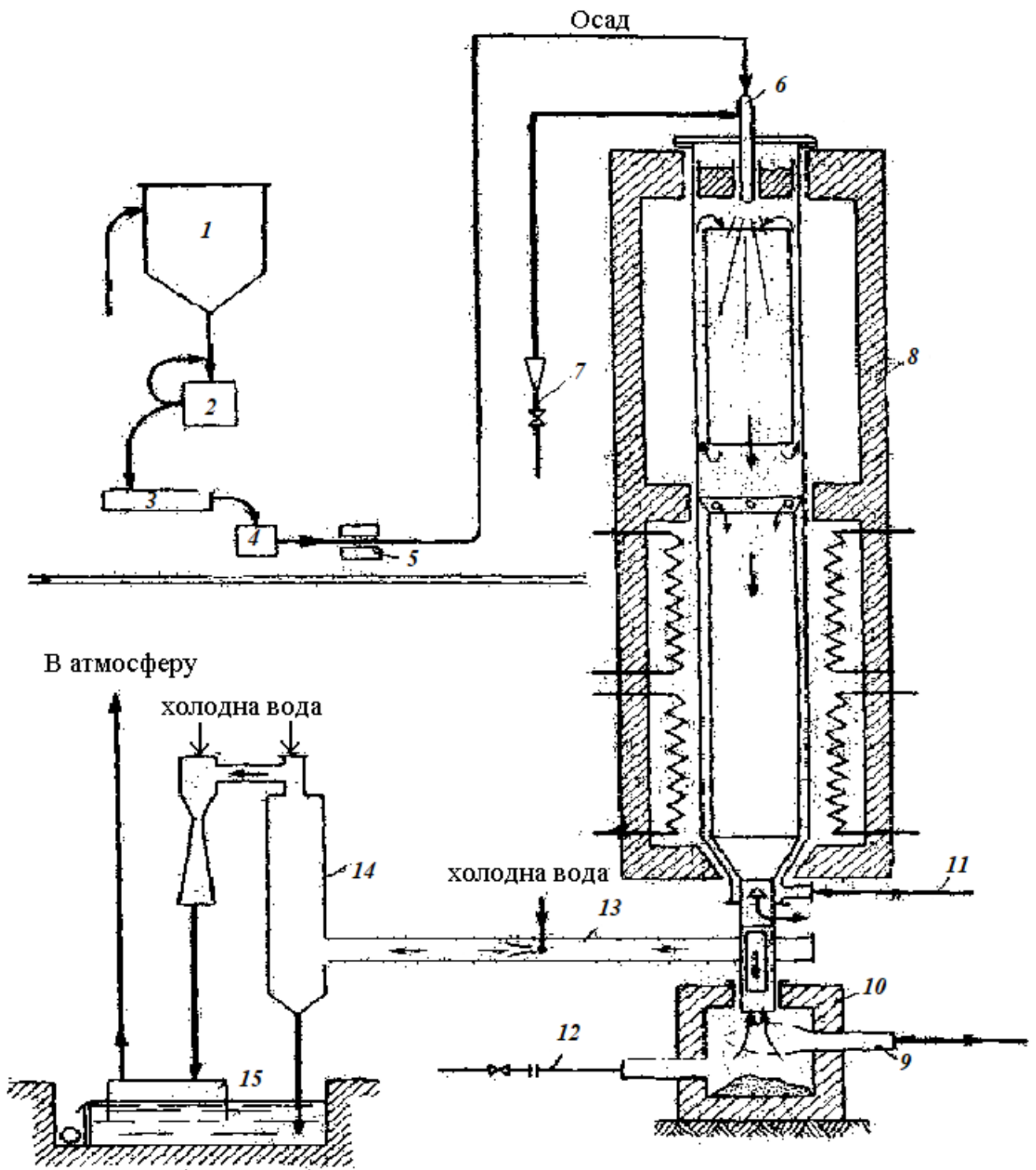


Рисунок В.12 – Схема напівпілотної установки, що працює за методом атомарного суспендування (АТ) і спалювання пестицидів в печах:

1 – бункер; 2, 4 – дезінтегратори; 3 – насос; 5 – магнітний витратомір; 6 – форсунка; 7 – лінії стиснутого повітря; 8 – піч АТ; 9 – відвідний трубопровід; 10 – вторинна піч (доспалювальна); 11 – лінії подачі повітря для горілок; 12 – лінії відводу пічних газів; 13 – трубопровід подачі холодної води

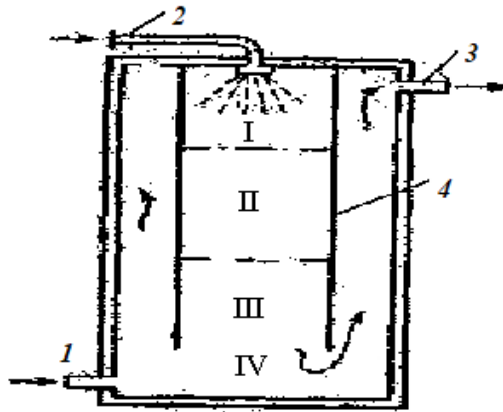
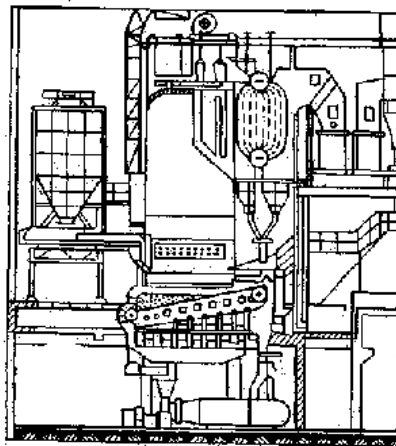
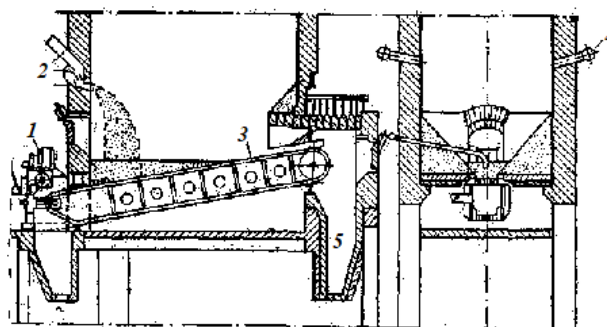


Рисунок В.13 – Принципова конструктивна схема розпилювальної печі:

I – зона розпилення і попереднього нагріву; II – зона висушування і випарювання; III – зона перегріву; IV – зона спалювання; 1 – високошвидкісна горілка; 2 – труба для подачі осаду; 3 – відвідний трубопровід; 4 – випромінювальна стінка



а)



б)

Рисунок В.14 – Схема установки “Ігніфлюїд” з псевдозрідженим шаром (Франція): а – загальний вид; б – схема топки: 1 – привід; 2 – отвір для завантаження осаду; 3 – ґрати; 4-форсунки для введення вторинного повітря; 5 – бункер для золи

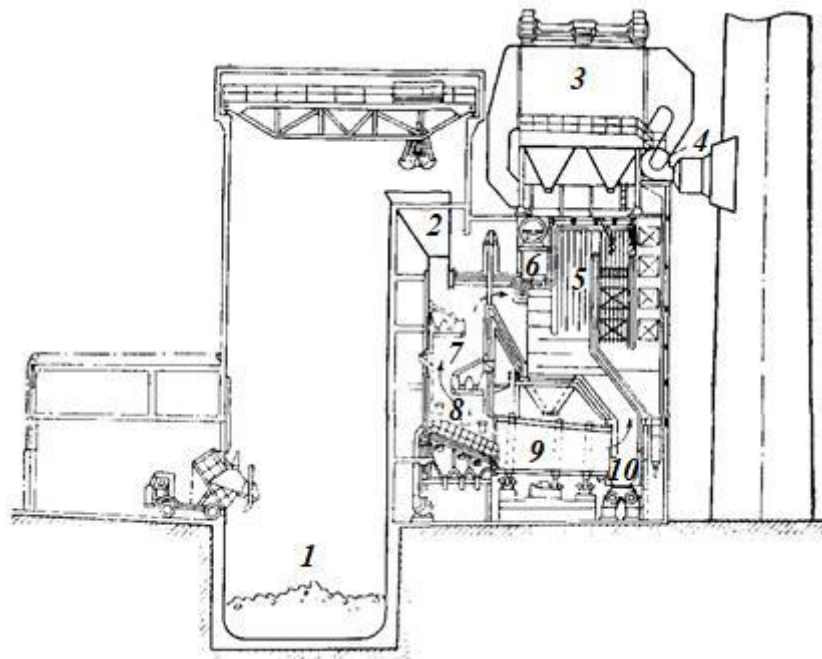


Рисунок В.15 – Барабанна піч датської фірми “Волунд”:

1 – бункер; 2 – підживлювач; 3 – електрофільтр; 4 – димосос; 5 – казан; 6 – горілка; 7 – ґрати для підсушування; 8 – решітка для запалювання; 9 – обертовий барабан; 10 – люк для шламу

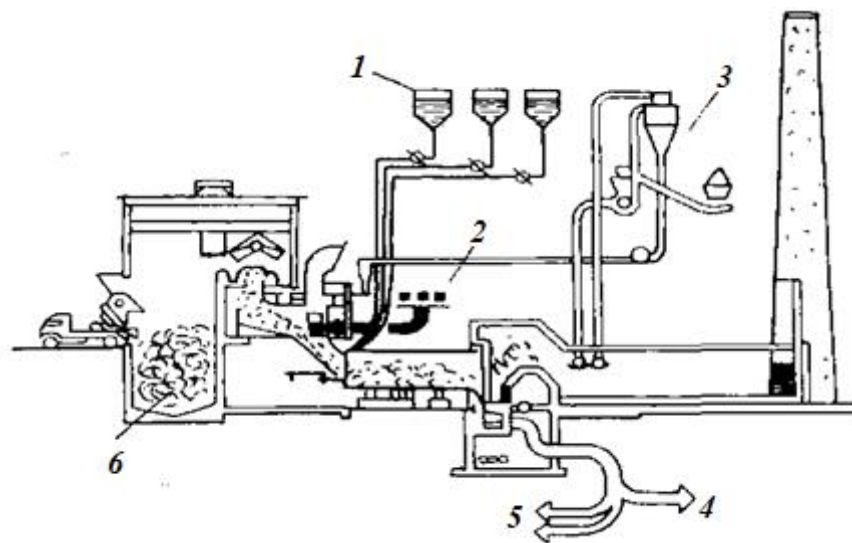


Рисунок В.16 – Схема установки для спалювання пестицидів у барабанній печі: 1 – насоси для рідкого палива; 2 – підживлювач; 3 – апаратура для висушування; 4 – видалення металевих відходів; 5 – летюча зола у відвал; 6 – відходи

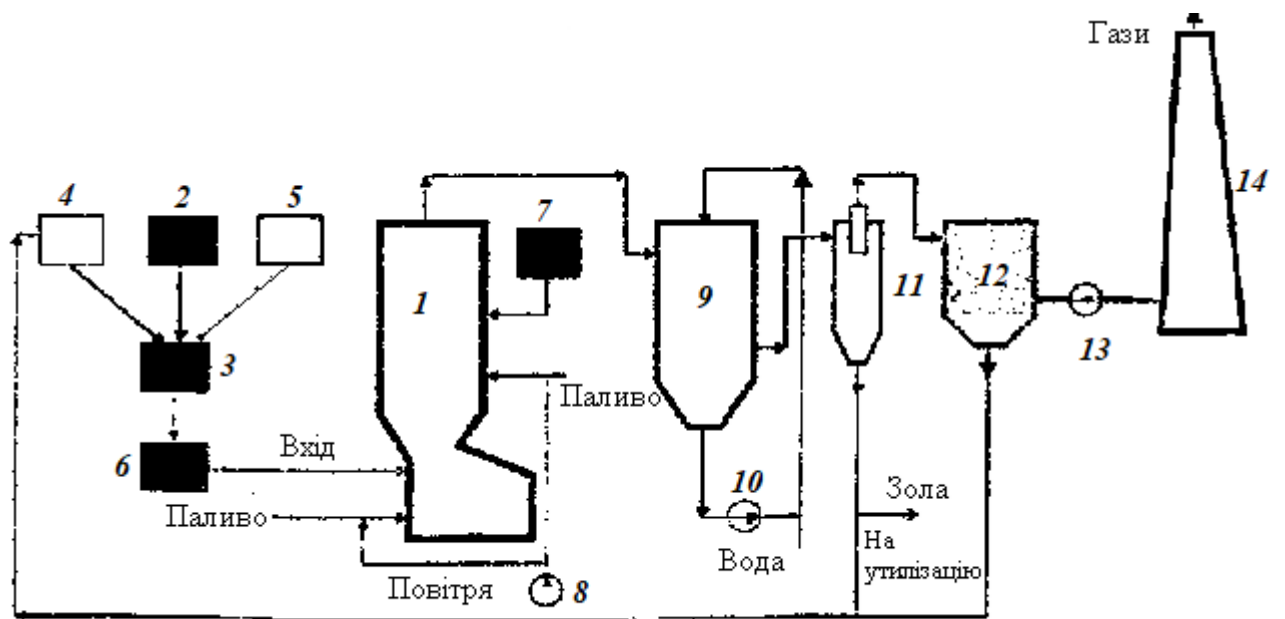


Рисунок В.17 – Принципова схема установки термічного знешкодження сіркофосформістких пестицидів ОАО Плитспичпром (м.Балабаново, Росія):

1 – реактор обертового киплячого шару; 2 – підживлювач; 3 – змішувач; 4 – бункер відходів; 5 – бункер піску для підживлення; 6 – бункер; 7 – ємність для розчину соди; 8 – вентилятор; 9 – випарний скруббер; 10 – насос; 11 – циклон-пиловловлювач; 12 – тканинний фільтр; 13 – димосос; 14 – димар

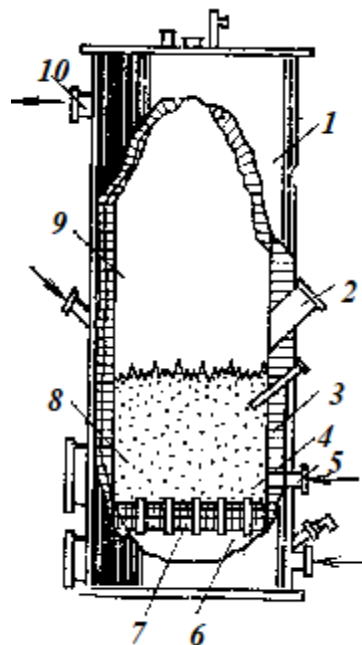


Рисунок В.18 – Схема печі з псевдозрідженим шаром інертного матеріалу

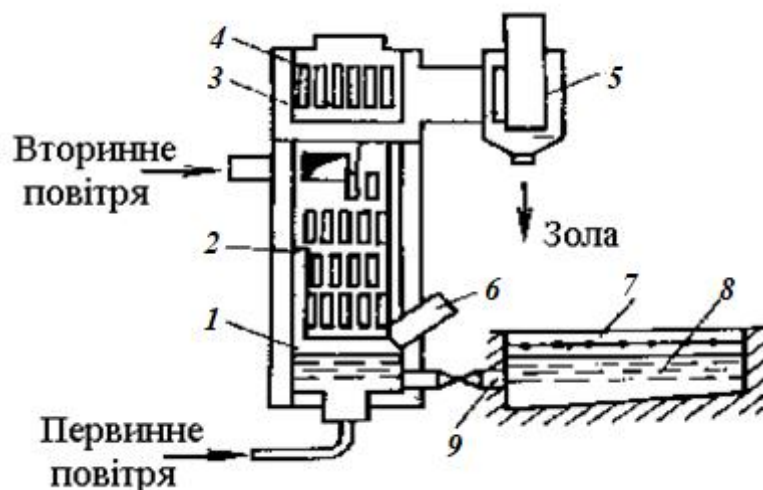


Рисунок В.19 – Установа Інституту термофізики і електрофізики АН колишнього СРСР для знищення рідких пестицидів:

1 – камера згорання; 2 – оболонка; 3 – камера догорання; 4 – перфорована судина для виловлювання твердих частинок із газу; 5 – циклон; 6 – розпалювальний палик; 7 – фільтруюча сітка; 8 – ємність для рідких пестицидів; 9 – трубопровід

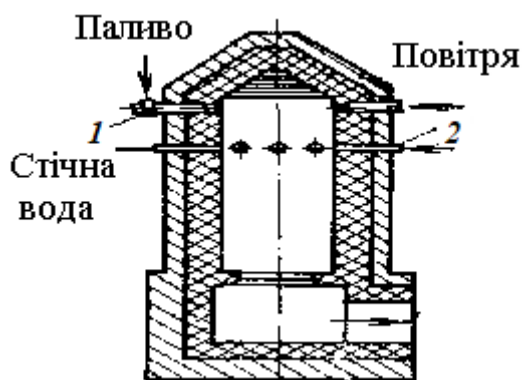


Рисунок В.20 – Циклонний реактор з цегляним футеруванням: 1 – палильний пристрій; 2 – форсунки

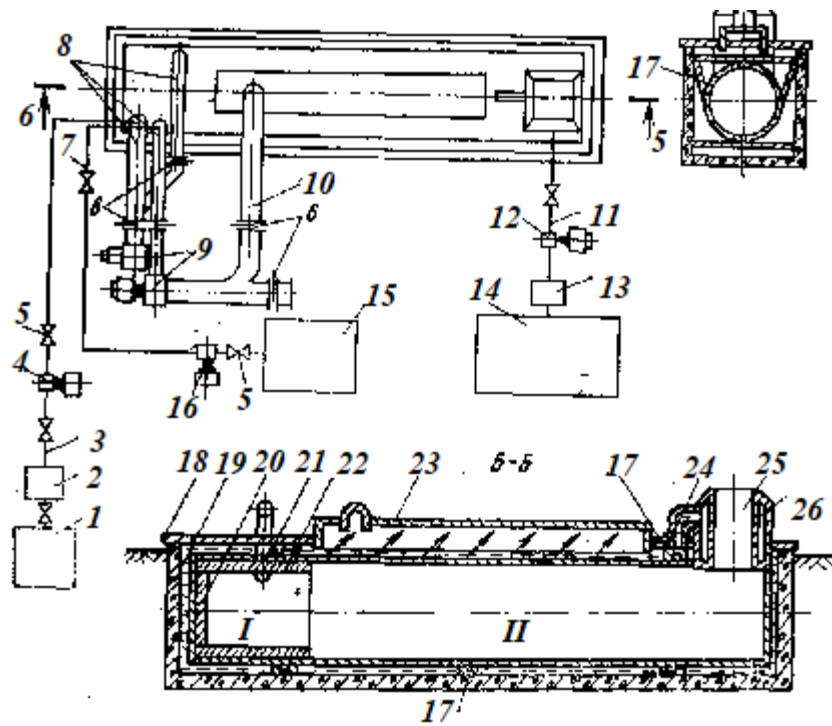


Рисунок В.21 – Установка термічного знешкодження рідких пестицидів:

I – камера згорання; II – рекуператор тепла газів, що відходять: 1 – ємність для відходів і пальних рідин; 2 – сітчастий фільтр; 3 – трубопровід пальних відходів; 4 – насос; 5 – вентиль; 6 – шибер; 7 – вентиль; 8 – повітрохід; 9 – вентилятор; 10 – паропровід; 11 – трубопровід до сорочки відводу газів; 12 – відцентровий насос; 13 – фільтр; 14 – ємність з непальними рідкими промисловими відходами, що містять органічні і мінеральні домішки; 15 – ємність з непальними рідкими відходами, що містять органічні сполуки; 16 – насос; 17– елемент кріплення труби у резервуарі; 18 – кришка резервуара; 19 – залізобетонний резервуар; 20 – футерований торець; 21 – циліндрична металева труба; 22 – цегельна футерівка; 23 – парозбірник; 24 – штуцер; 25 – канал для відводу газів, що відходять; 26 – “сорочка” каналу

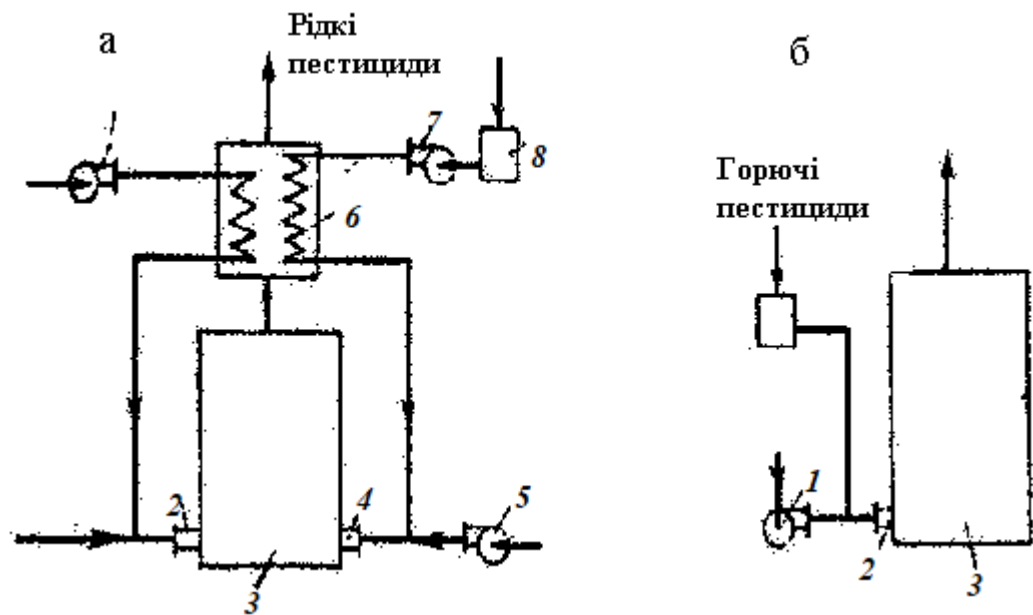


Рисунок В.22 – Схема установки для спалювання горючих пестицидів та рідких пестицидів, які не містять мінеральні речовини:

а – з утилізацією тепла; б – без утилізації тепла; 1 – газодувка; 2 – штуцер для введення паливно-повітряної суміші; 3 – камера згорання; 4 – штуцер для введення пестицидів та повітря; 5 – повітродувка; 6 – рекуператор тепла; 7 – помпа; 8 – ємність з пестицидами.

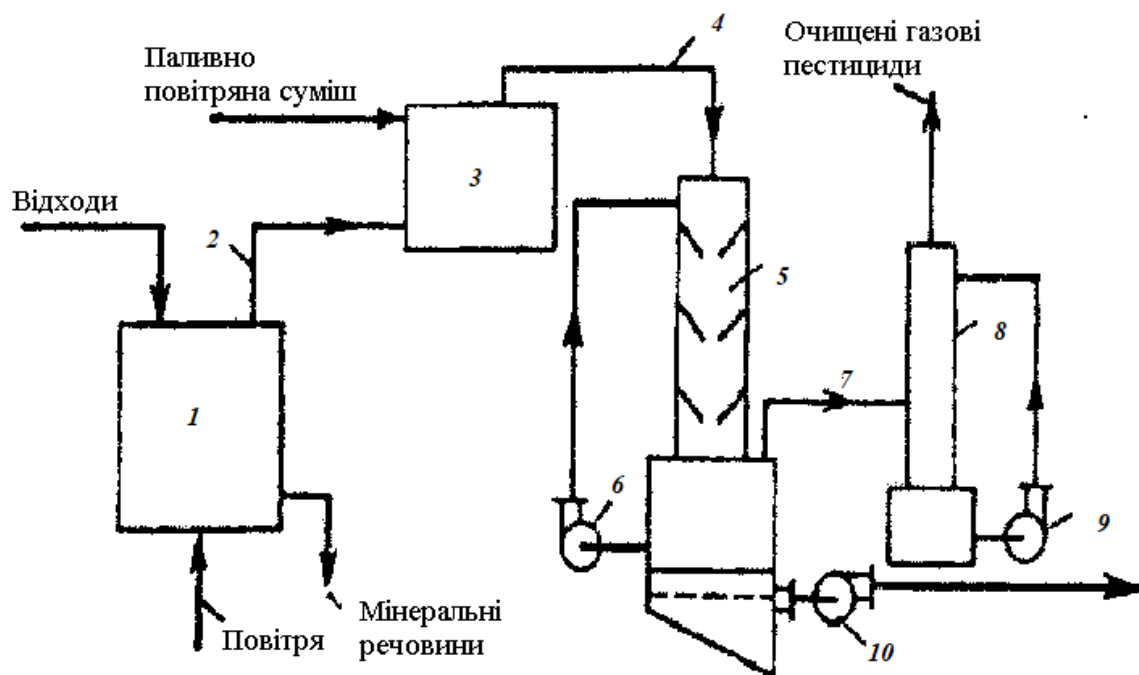


Рисунок В.23 – Схема установки знешкодження полум'ям пестицидів з видаленням золи у вигляді гранул:

1 – піч; 2 – трубопровід для топкових пестицидів, які містять органічні речовини; 3 – камера допалювання; 4 – трубопровід для топкових пестицидів, які містять HCl , HF , SO_2 , P_2O_5 , HI , HBr ; 5 – скруббер, зрошуваний вапняним розчином; 6,9 – помпи; 7 – трубопровід для охолодження газоподібних відходів; 8 – скруббер тонкого очищення; 10 – помпа для видалення осідання солей (CaF_2 , CaSO_4 , CaCl_2 , та ін.)

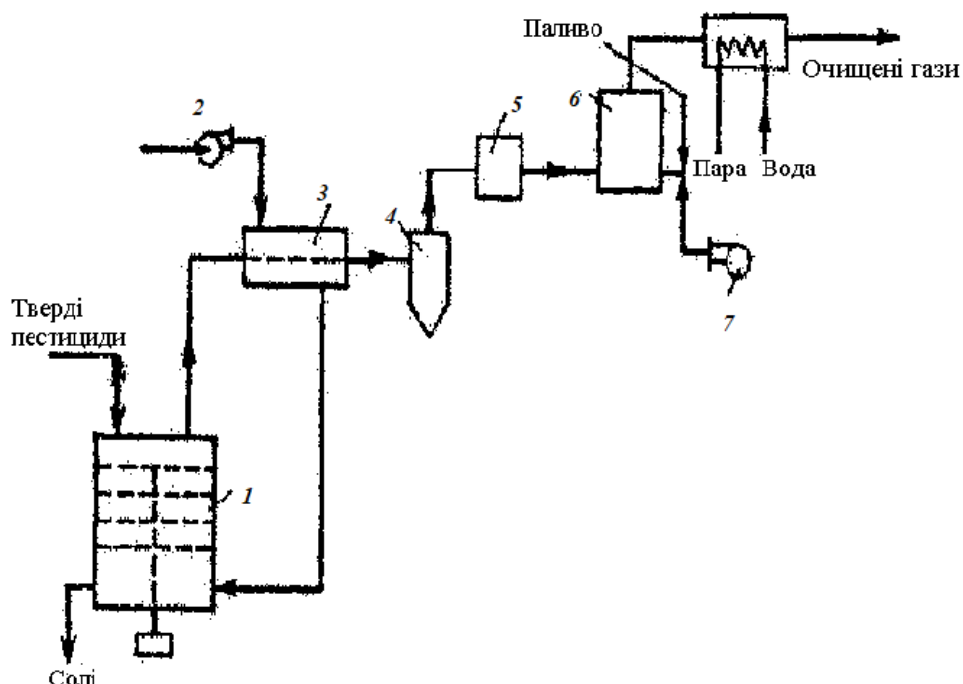


Рисунок В.24 – Схема установки вогневого знешкодження твердих пестицидів, які не містять галогени, сірку, фосфор:

1 – піч; 2, 7 – газодувка; 3 – рекуператор тепла відхідних газів; 4 – циклон; 5 – електрофільтр; 6 – камера допалювання

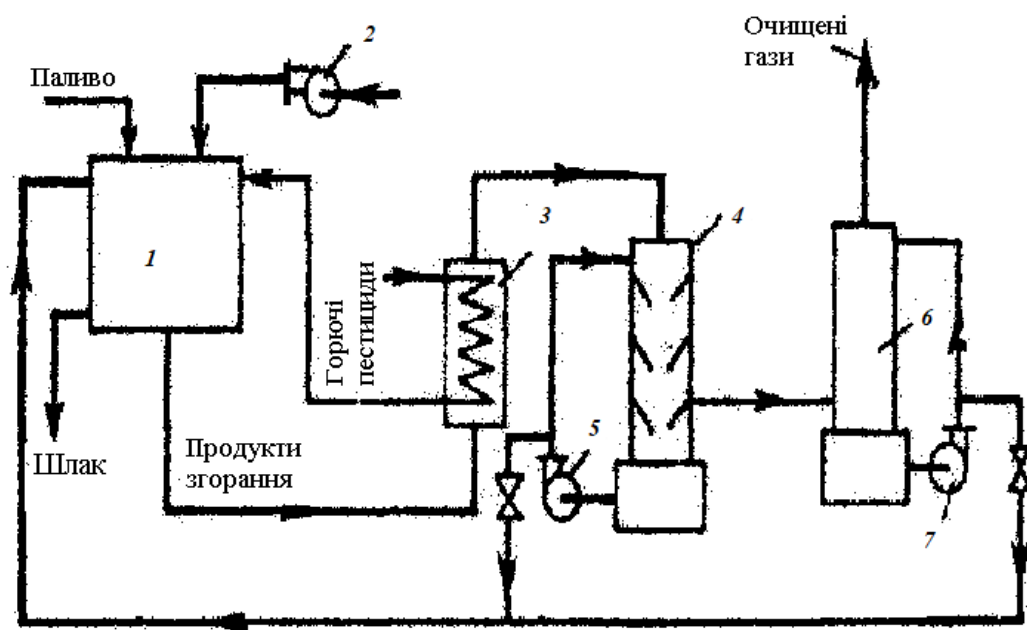


Рисунок В.25– Схема установки вогневого знешкодження рідких пестицидів групи А і В, з рідким шлаковидаленням:

1 – циклонна топкова камера; 2 – газодувка; 3 – нагрівач; 4 – скруббер АРТ; 5,7 – помпи; 6 – аероліфтний абсорбер

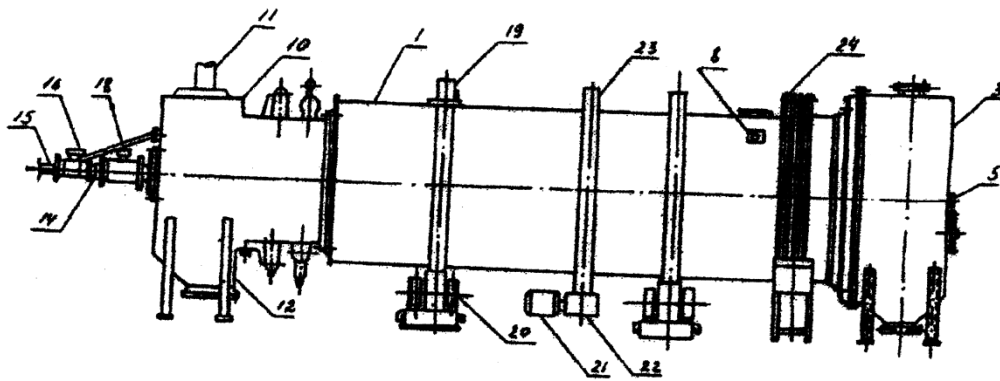


Рисунок В.26 – Загальний вигляд циліндричної роторної печі (пристрою) для термічного знешкодження ПП:

1 – корпус, 3 – завантажувальна камера, 5 – пальник, 8 – отвори в корпусі печі, 10 – розвантажувальна камера, 11 – газопровід печі, 12 – продувний канал, 14 – колектор з трубопроводами, 15 – трубопроводи для підведення активуючого агента, 19 – кільцеві бандажі, 20 – роликоопори, 21 – електропривід, 22 – понижувальний редуктор, 23 – вінцева шестерня, 24 – кільцеві струмоznімачі

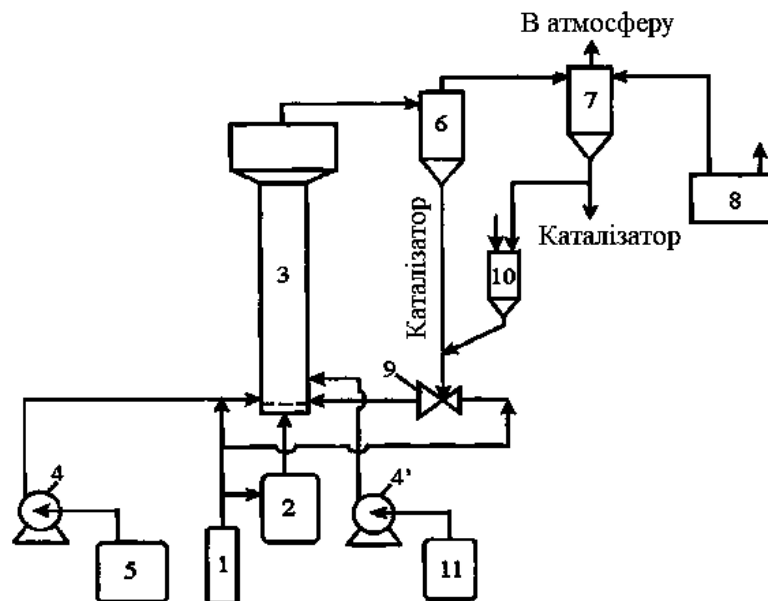


Рисунок В.27 – Схема знешкодження промислових і побутових відходів термічним аерозольним нанокаталізом на базі пересувної установки:

1 – компресор; 2 – пусковий підігрівач; 3 – реактор; 4 – насос для подачі відходів; 4' – насос для подачі додаткового палива; 5 – місткість відходів; 6 – циклон; 7 – рукавний фільтр; 8 – система автоматичної регенерації; 9 – ежектор; 10 – збірник каталізатора; 11 – місткість додаткового палива.

Таблиця В.1 – Заряди на атомах у молекулі Диметоату та довжини міжатомних зв'язків

Атом	за мето- дом Ло- удвіна	за мето- дом Мілікена	за мето- дом MMFF94	Заряд за методом Хюккеля	Зв'язок з атомом	Довжина зв'язку, А
O(1)	-0.521	-0.817	-0.551	-0.436	C(7)	1.4753
P(2)	1.108	1.327	1.467	1.770	O(1)	1.6034
P(2)					O(3)	1.6170
P(2)					S(4)	2.3693
O(3)	-0.520	-0.808	-0.551	-0.445	C(6)	1.4864
S(4)	-0.139	-0.068	-0.478	-0.185	C(8)	1.8974
S(5)	-0.466	-0.404	-0.677	-1.008	P(2)	2.0822
C(6)	-0.031	-0.294	0.28	0.076	H(13)	1.0963
C(7)	-0.020	-0.274	0.28	0.075	H(16)	1.0924
C(8)	-0.318	-0.754	0.291	-0.133	C(9)	1.5451
C(9)	0.300	0.896	0.569	0.391	N(10)	1.3522
N(10)	-0.343	-0.917	-0.730	0.216	C(11)	1.4623
C(11)	-0.105	-0.339	0.300	-0.063	H(22)	1.0818
O(12)	-0.306	-0.605	-0.57	-0.765	C(9)	1.1816

Таблиця В.2– Заряди на атомах у молекулі Золону та довжини міжатомних зв'язків

Атом	за методом Лоудвіна	за методом Мілікена	за методом MMFF94	за методом Хюккеля	Зв'язок з ато- мом	Довжина зв'язку, А
C(1)	0.041	-0.080	0.28	0.162	O(2)	1.4052
O(2)	-0.511	-0.796	-0.551	-0.524	P(3)	1.6317
P(3)	1.081	2.312	1.014	1.793	S(9)	2.1158
O(4)	-0.528	-0.809	-0.551	-0.516	P(3)	1.6314
C(5)	0.044	-0.079	0.28	0.162	O(4)	1.4046
C(6)	-0.267	-0.591	0,00	-0.143	C(1)	1.5265
C(7)	-0.267	-0.587	0,00	-0.143	C(5)	1.5263
S(8)	-0.463	-0.428	-0.677	-0.946	P(3)	1.8186
S(9)	-0.018	0.095	-0.478	-0.101	C(10)	1.8217
C(10)	-0.141	-0.464	0.530	-0.008	N(11)	1.4671
N(11)	-0.193	-1.212	-0.477	0.487	C(13)	1.2661
C(12)	0.413	1.224	0.78	0.498	N(11)	1.2623

Атом	за методом Лоудвіна	за методом Мілкена	за методом MMFF94	за методом Хюккеля	Зв'язок з ато- мом	Довжина зв'язку, А
C(13)	0.018	0.529	0.117	0.025		
O(14)	-0.188	-0.754	-0.232	-0.121	C(15)	1.2322
C(15)	0.098	0.368	0.082	0.238	C(13)	1.3438
O(16)	-0.325	-0.635	-0.57	-0.849	C(12)	1.2063
C(17)	-0.120	-0.136	-0.15	-0.219	C(15)	1.3405
C(18)	-0.109	-0.429	0.177	0.104	C(17)	1.3455
C(19)	-0.106	-0.188	-0.15	-0.170	C(20)	1.3443
C(20)	-0.108	-0.160	-0.15	-0.141	C(13)	1.3385
Cl(21)	0.032	0.194	-0.177	0.011	C(18)	1.7282

ДОДАТОК Г ВИБІРКА ІЗ СТАТИСТИКИ ЗАХВОРЮВАНОСТІ У ВІННИЦЬКІЙ ОБЛАСТІ СТАНОМ НА 2018 РІК

Таблиця Г.1 – Чисельність вікових груп населення Вінницької області

Назва	Дорослі (18 років і старше)	Працездатного віку
ВІННИЦЬКА ОБЛ.	1 292 551	952 619
Барський	41 602	29 827
Бершадський	48 772	34 878
Вінницький	64 104	48 087
Гайсинський	46 780	33 592
Жмеринський	54 574	40 522
Іллінецький	30 079	22 004
Калинівський	46 430	33 898
Козятинський	51 730	37 528
Крижопільський	27 516	20 002
Липовецький	30 860	21 628
Літинський	28 613	19 967
М-Подільський	52 804	38 713
М-Куриловецький	21 066	14 365
Немирівський	40 123	28 699
Оратівський	17 496	12 253
Погребищенський	24 780	17 133
Піщанський	17 218	12 597
Тепликський	23 589	16 632
Томашпільський	27 085	19 584
Тростянецький	29 756	21 157
Тульчинський	45 726	32 747
Тиврівський	34 151	24 581
Хмільницький	50 379	36 186
Чернівецький	17 818	12 279
Чечельницький	17 427	12 496
Шаргородський	45 348	34 109
Ямпільський	33 346	23 311
м. Вінниця	303 708	239 018
м.Ладижин	19 671	14 826

Таблиця Г.2 – Смертність дітей першого року життя (на 1000 народжених живими)

Назва	Абсолютні дані		Показники	
	2016	2017	2016	2017
ВІННИЦЬКА ОБЛ.	106	106	6,60	7,00
Барський	4	3	7,30	5,90
Бершадський	3	6	5,90	12,40
Вінницький	3	9	3,60	11,20
Гайсинський	7	4	13,00	8,10
Жмеринський	6	4	7,30	5,50
Іллінецький	4	4	10,20	10,60
Калинівський	3	3	4,60	5,10
Козятинський	4	5	6,20	8,70
Крижопільський	2	2	6,80	6,20
Липовецький	2	2	5,70	6,60
Літинський	2	1	5,50	3,20
М-Подільський	6	5	9,80	8,70
М-Куриловецький		1		4,60
Немирівський	5	4	12,10	9,70
Оратівський	2		10,50	
Погребищенський	2	2	11,40	8,10
Піщанський	2		7,50	
Тепликський	1	1	3,90	4,30
Томашпільський	2	4	6,50	13,80
Тростянецький	1	1	3,20	3,70
Тульчинський		4		8,80
Тиврівський	2	3	4,80	7,40
Хмільницький	7	6	12,00	11,00
Чернівецький	1	2	5,40	11,50
Чечельницький	1	3	5,20	16,20
Шаргородський	4	3	6,70	5,20
Ямпільський	1		3,20	
м. Вінниця	27	19	5,60	4,30
м. Ладижин	2	2	8,40	8,80

Таблиця Г.3 – Загальна захворюваність всього населення -хронічний гломерулонефрит

Назва	Абсолютні дані		Показники	
	2016	2017	2016	2017
ВІННИЦЬКА ОБЛ.	1 086	1 031	6,81	6,51
Барський	47	35	8,97	6,75
Бершадський	51	47	8,52	7,94
Вінницький	50	47	6,22	5,86
Гайсинський	47	49	8,19	8,63
Жмеринський	25	17	3,61	2,47
Іллінецький	29	28	7,70	7,50
Калинівський	39	45	6,69	7,77
Козятинський	43	42	6,63	6,54
Крижопільський	29	29	8,59	8,68
Липовецький	17	11	4,47	2,92
Літинський	43	38	12,03	10,74
М-Подільський	49	55	7,63	8,60
М-Куриловецький	18	13	7,00	5,12
Немирівський	50	42	10,21	8,66
Оратівський	23	20	10,71	9,43
Погребищенський	13	14	4,28	4,67
Піщанський	18	14	8,56	6,69
Тепликський	43	49	15,06	17,36
Томашпільський	34	30	10,14	9,06
Тростянецький	22	20	6,13	5,63
Тульчинський	30	30	5,37	5,42
Тиврівський	28	27	6,55	6,38
Хмільницький	67	63	10,73	10,19
Чернівецький	9	11	4,16	5,15
Чечельницький	2	2	0,93	0,94
Шаргородський	33	38	5,75	6,67
Ямпільський	39	42	9,62	10,50
м. Вінниця	166	148	4,47	3,99
м. Ладижин	22	25	9,18	10,48

Таблиця Г.4 – Первинна захворюваність всього населення -всі хвороби

Назва	Абсолютні дані		Показники	
	2016	2017	2016	2017
ВІННИЦЬКА ОБЛ.	1 097 721	1 020 841	6 881,93	6 447,67
Барський	39 256	28 721	7 495,18	5 540,74
Бершадський	34 866	35 598	5 824,69	6 010,23
Вінницький	74 327	68 147	9 251,33	8 495,33
Гайсинський	43 011	41 279	7 493,86	7 273,83
Жмеринський	40 970	37 488	5 909,67	5 457,25
Іллінецький	23 144	22 825	6 144,70	6 111,77
Калинівський	48 099	45 130	8 252,95	7 793,53
Козятинський	44 652	41 132	6 882,77	6 404,36
Крижопільський	25 204	24 420	7 462,10	7 307,66
Липовецький	25 180	23 195	6 618,13	6 158,07
Літинський	25 455	23 479	7 120,48	6 632,86
М-Подільський	46 771	46 812	7 279,19	7 319,64
М-Куриловецький	17 379	18 989	6 756,47	7 473,92
Немирівський	29 092	22 328	5 939,32	4 606,09
Оратівський	12 068	10 220	5 619,56	4 816,44
Погребищенський	18 742	18 269	6 169,19	6 097,59
Піщанський	20 334	12 659	9 669,04	6 053,46
Тепликський	18 254	18 190	6 394,37	6 444,87
Томашпільський	23 846	23 287	7 109,30	7 029,61
Тростянецький	28 648	26 951	7 980,17	7 589,05
Тульчинський	42 727	37 996	7 650,31	6 863,69
Тиврівський	27 609	26 103	6 462,33	6 167,13
Хмільницький	45 045	42 522	7 214,36	6 877,02
Чернівецький	13 805	12 177	6 376,15	5 702,44
Чечельницький	11 525	13 799	5 351,75	6 487,85
Шаргородський	43 586	42 538	7 594,04	7 466,21
Ямпільський	23 437	21 449	5 782,63	5 362,79
м. Вінниця	228 852	215 460	6 160,81	5 810,15
м. Ладижин	20 757	18 608	8 659,21	7 801,44

Таблиця Г.5 – Первинна захворюваність всього населення -новоутворення

Назва	Абсолютні дані		Показники	
	2016	2017	2016	2017
ВІННИЦЬКА ОБЛ.	15 040	15 024	94,29	94,89
Барський	532	382	101,58	73,69
Бершадський	374	375	62,48	63,31
Вінницький	843	732	104,93	91,25
Гайсинський	450	399	78,40	70,31
Жмеринський	683	550	98,52	80,07
Іллінецький	343	372	91,07	99,61
Калинівський	1 014	957	173,98	165,26
Козятинський	434	403	66,90	62,75
Крижопільський	369	365	109,25	109,23
Липовецький	442	395	116,17	104,87
Літинський	427	506	119,44	142,95
М-Подільський	514	662	80,00	103,51
М-Куриловецький	214	276	83,20	108,63
Немирівський	401	414	81,87	85,40
Оратівський	254	222	118,28	104,62
Погребищенський	412	442	135,62	147,53
Піщанський	195	155	92,72	74,12
Тепликський	178	164	62,35	58,11
Томашпільський	410	408	122,23	123,16
Тростянецький	404	402	112,54	113,20
Тульчинський	677	648	121,22	117,06
Тиврівський	432	378	101,12	89,31
Хмільницький	581	617	93,05	99,79
Чернівецький	235	192	108,54	89,91
Чечельницький	99	101	45,97	47,49
Шаргородський	782	801	136,25	140,59
Ямпільський	213	255	52,55	63,76
м. Вінниця	2 809	3 046	75,62	82,14
м. Ладижин	319	405	133,08	169,80

Таблиця Г.6 – Первинна захворюваність всього населення - хвороби крові, кровотв. органів, поруш. з залуч. імунного м-му

Назва	Абсолютні дані		Показники	
	2016	2017	2016	2017
ВІННИЦЬКА ОБЛ.	11 839	10 012	74,22	63,24
Барський	391	326	74,65	62,89
Бершадський	294	160	49,12	27,01
Вінницький	361	309	44,93	38,52
Гайсинський	370	316	64,47	55,68
Жмеринський	385	284	55,53	41,34
Іллінецький	270	262	71,68	70,15
Калинівський	498	383	85,45	66,14
Козятинський	616	499	94,95	77,70
Крижопільський	217	249	64,25	74,51
Липовецький	474	378	124,58	100,36
Літинський	324	261	90,63	73,73
М-Подільський	825	718	128,40	112,27
М-Куриловецький	207	189	80,48	74,39
Немирівський	296	189	60,43	38,99
Оратівський	72	46	33,53	21,68
Погребищенський	251	253	82,62	84,44
Піщанський	209	158	99,38	75,55
Тепликський	266	241	93,18	85,39
Томашпільський	232	219	69,17	66,11
Тростянецький	411	372	114,49	104,75
Тульчинський	590	426	105,64	76,95
Тиврівський	187	145	43,77	34,26
Хмільницький	494	465	79,12	75,20
Чернівецький	163	183	75,29	85,70
Чечельницький	237	207	110,05	97,32
Шаргородський	913	793	159,07	139,19
Ямпільський	343	286	84,63	71,51
м. Вінниця	1 613	1 441	43,42	38,86
м. Ладижин	330	254	137,67	106,49

Таблиця Г.7 – Загальна захворюваність дітей (на 10 000 відповідного населення) - всі хвороби

Назва	Показники	
	2016	2017
ВІННИЦЬКА ОБЛ.	19 993,05	18 976,94
Барський	17 100,05	14 982,71
Бершадський	19 181,01	19 364,52
Вінницький	19 369,25	16 942,86
Гайсинський	24 758,91	23 093,35
Жмеринський	15 684,52	17 447,52
Іллінецький	18 375,39	18 431,76
Калинівський	20 680,63	19 548,32
Козятинський	20 505,53	19 373,30
Крижопільський	23 542,87	22 788,73
Липовецький	15 790,47	15 563,78
Літинський	17 667,88	17 303,12
М-Подільський	19 970,27	19 898,39
М-Куриловецький	19 697,79	19 748,84
Немирівський	20 822,57	17 914,51
Оратівський	17 492,71	14 944,77
Погребищенський	17 951,28	17 269,77
Піщанський	21 326,27	16 358,08
Тепликський	23 518,18	22 690,78
Томашпільський	21 022,73	20 837,53
Тростянецький	22 193,43	20 691,65
Тульчинський	24 122,58	21 092,29
Тиврівський	20 733,79	19 233,27
Хмільницький	17 147,66	16 336,98
Чернівецький	18 225,09	17 708,33
Чечельницький	16 241,94	16 630,47
Шаргородський	19 764,52	19 198,71
Ямпільський	19 731,09	18 972,64
м. Вінниця	20 256,59	19 236,90
м. Ладизжин	30 686,78	28 407,08

ДОДАТОК Д ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ПОРІВНЯННЯ РІЗНИХ СХЕМ ТЕРМІЧНОГО ЗНЕШКОДЖЕННЯ ПЕСТИЦИДІВ

Таблиця Д.1 – Вартість діючих промислових установок для термічного знешкодження пестицидів

Тип установки	Продуктивність		Вартість установки, тис. грн		Вартість знешкодження, грн	
	т /добу	м ³ /добу	повна	на 1 т	на 1 т	на 1м ³ водних пестицидів
Осад твердих пестицидів						
Камерна піч з колосниковою ґраткою	144		860	5,97	3,9	
	480		1750	3,65	2,4	
	5,7		90	15,8		
Багатоподова піч	7,2		610	85,5	12,9	
	12,0				6	
	3,6		150	41,7	9,25	
	30,0		450	15,0	3,05	
	200		1400	7,0		
Барабанна піч	48		2500	52,0		
Рідкофазне окислювання	3,65		196	26,6	12,7	0,77
Рідкі пестициди						
Відкрите спалювання		2,4				20
Камерна піч		4100	3175	0,78		18,65
Шахтна піч		168	400	4,20		7,6
Циклонна піч		168	7	0,04		5-6 (8-12)
Піч з псевдозрідженим шаром		11	330	30		2,5
Рідкофазне окислювання		1680	2340	1,39	33,4	1,19- 1,6

Таблиця Д.2 – Вартість знешкодження осадів рідких пестицидів

Метод знешкодження та оброблення осадів	Продуктивність, т/добу	Вартість знешкодження, грн. на 1т твердої речовини
Розподіл на полях або заховання	1000	6,5
Добрива напівсухі або таровані	950	10,3

Таблиця Д.3 – Вартість знешкодження складових різними методами

Метод знешкодження та оброблення осадів	Продуктивність, т/добу	Вартість установки, тис. грн.		Вартість знешкодження, грн.	
		повна	на 1т	на 1т	на 1м ³ рідких пестицидів
напівсухі добрива з використанням вакуумфільтрів	100			33,5	
обробка осадів для одержання жирних речовин	80			7,6	
спалювання в печах:					
камерних	480	1750	3,66	2,4	
багатоподових	7,2	610	84,5	12,9	
барабанних	48	2500	52		
розпорошувальних	12			125	5
з киплячим шаром	10			62,5	2,5
рідкофазне окислення:					
3% твердого, м. Чікаго	200	16830	84	23,3	0,70
8,5% твердого, м. Уїлінг	7,35	284	38,7	20	1,68
6% твердого, м. Левітаун	3,65	196	26,6	12,7	0,77
5,6% твердого, м. Рай	2,5	263	105	26,4	1,47
8,5% твердого, м.Півден. Мілуокі	2,1	110	52,4	18,2	1,54
м. Рокленд	12,4	618	49,4		
6,5% твердого, м.Блайнд - Брук	1,12	92,6	82,5	26,8	1,56

Таблиця Д.4 – Порівняльна вартість знешкодження осаду рідких пестицидів (40 т/добу)

Показники	РФО з вакуумфільтрацією	Вакуумфільтрація з термопушкою	Анаеробне бродіння	
			з вакуумфільтрацією	з підсушуванням на мулових площадках
Капітальні витрати, тис. грн.	531,65	750,00	800,00	545,00
Експлуатаційні витрати, тис. грн.	272,00	448,0	432,0	285,0
Приведені витрати, тис. грн..	334,00	541,8	532,0	353,0
Вартість обробки 1т твердої речовини, грн.	18,40	30,8	30,2	19,5
Площа ділянки для обробки осідання, га	0,50	0,6	0,8	50,0

Таблиця Д.5– Порівняльна вартість очищення рідких пестицидів, які містять до 1 г/л органічних продуктів

Метод знешкодження	Капітальні витрати (у грн.) на установку продуктивністю 100 м ³ /добу			Собівартість очищення 1м ³ /добу
	реагенти	обладнання	енергія, паливо	
Хлорування	430,65	239570	32,45	7,02
Окислення оксидами металів змінної валентності	68,64	294395	52,17	3,96
Сорбція		461000	74,05	4,80
		18000	7,81	9,28
Зпалювання у камерній печі РФО		200000	35,00	1,87
Біологічне окислення на аерофільтрах				2,0

Таблиця Д.6 – Відносна вартість очищення газів вогневим та каталітичним допалюванням на установці з продуктивністю 10000 м³/год (дол. США)

Втрати	Вогняне спалювання (750 °С)			Каталітичне допалювання (250 °С)		
	без теплообміну	з теплообміном	з теплообміном та використанням очищеного газу	без теплообміну	З теплообміном	З теплообміном та використанням очищеного газу
Капітальні	100 000	143 000	143 000	138 000	202000	190 000
Експлуатаційні (з розрахунком на с)	45,18	29,38	29,38	16,82	12,83	14,73
а) амортизаційні на каталізатор	-	-	-	3,45	3,45	3,45
теплообмінники	-	1,64	1,64	-	1,83	0,76
інше обладнання	2,00	1,73	1,73	1,93	1,93	2,45
б) поточні на паливо	41,70	22,80	22,80	9,65	1,93	4,48
енергію	0,69	2,07	2,07	0,69	2,07	2,07
обслуговування	0,79	1,14	1,14	1,10	1,62	1,52
Економія			16,00			16,00
Разом	45,18	29,38	13,38	16,82	12,83	Прибуток 1,27

Таблиця Д.7 – Порівняльна характеристика роботи установок термічного знешкодження рідких пестицидів різного складу (групи А, Б, В)

Показники	Тип печей					
	Ка- мерні	Бага- топо- дові	Бара- банні	Розпи- люва- льні	Циклонні	З псевдо- зрідженим шаром
t, °C	650- 900	310- 520	650- 1000	650– 860	950	600– 850
g _{об} кг/(м ³ ·год)	≤ 250	200- 400	10-80	80– 100	600 – 850	300– 800
A	1,08- 1,2	1,08-1 ,2	1,1- 1,6	1,1– 1,8	1,04 – 1,3	1,04-1,4
τ /τ _{кр}	<< 1	<< 1	0 ≤ 1	<1	1	≤ 1
Відповідність саніта- рним вимогам	Не відповідають по органічним та мінеральним речовинам				Не відповідають по мінеральним речовинам	Не відповідають по органічним і мінеральним речовинам
Додаткові пристрої, що забезпечують знешкодження до санітарних норм	Зона допалювання, очищення газів від мінеральних речовин				Очищення газів від мінеральних речовин	Зона допа- лювання, очи- щення газів від мінеральних ре- човин

Таблиця Д.8 – Порівняльна характеристика роботи установок термічного знешкодження рідких пестицидів різного складу Б, В)

	Тип печей									
	камерні, шахтні		циклонні			з псевдозрідженим шаром			РФО	
	А	В	А	Б	В	А	Б	В	А	В
t, °C	Можливо 950	650 - 820	950	1050 1300	950	950	950	950	150-310	150-310
$G_{об}$ кг/(м ³ ·год)	40 - 250	40 - 250	600 – 2500	1800 2500	600- 2500	150- 1000	800- 2000	150- 1000	700- 2500	700- 2500
a	1,07 - 1,1	1,07 - 1,1	1,04 - 1,1	1,04	1,04 1,1	1,04 1,2	1,4	1,04 1,2	1,1 - 1,2	1,1 - 1,2
$\tau / \tau_{кр}$	Можливо 1	Можливо ≤ 1	Забезпечує 1	1	1	1	При подачі у пласт 1	1	1	1
Відповідність санітарним нормам	Відповідають	Не відповідають по мінеральним та органічним речовинам	Відповідають	Не відповідають по мінеральним речовинам	Відповідають при подачі у шар	Не відповідають по мінеральним та органічним речовинам	Не відповідають по мінеральним та органічним речовинам	Не відповідають по складу солей	Не відповідають по мінеральним речовинам	Не відповідають по мінеральним речовинам
Додаткові пристрої, забезпечуючі знешкодження до санітарних норм	—	Зона допалювання, очистка газів від мінеральних речовин, вивантаження солі	—	Газоочистка, вивантаження плаву	—	Газоочистка	Газоочистка	Вузол випарки або кристалізації	Вузол випарки або кристалізації	Вузол випарки або кристалізації

Таблиця Д.9 – Порівняльна оцінка ефективності різних засобів знешкодження газів в процесі знешкодження пестицидів

Знешкоджувальний газ	Засіб очищення	Концентрація, мг/м ³		η, %	ГДК _{рз} мг/м ³	$B_{рз} = \frac{C_k}{ГДК_{рз}}$	$\eta_c^{рз}$ %
		Cн	Cк				
Оксиди нітрогену	Абсорбція 75 - 91% сульфатною кислотою в пінних апаратах	9000	1900	79,0	5	380	0,208
	Каталітичне відновлення	9000	900	90,0	5	180	0,500
	Абсорбція на СКТ	11000	450	96,0	5	90	1,065
Оксид карбону	Абсорбція мідноаміачноацето-карбонатним розчином	584	0,46	99,9	20	0,023	100
Сульфур оксид	Адсорбція	5000	1000	80,0	10	100	0,8
Фтористий водень	Абсорбція розчином лугу у насадочному скрубєрі	1200	10	99,2	0,5	20	4,960
	в апараті ДЮХ	29000	70	99,7	0,5	140	0,712
	в апараті КСШ	70	0,2	99,7	0,5	0,4	100
	у пінному апараті	800	70	91,4	0,5	140	0,65
	у прямоточному скрубєрі	1700	50	97,0	0,5	100	0,97
	в апараті Вентурі	650	39	94,0	0,5	78	1,21
	в апараті Аеромікс	500	50	90,0	0,5	100	0,90
Хлористий водень	Озвучування 159 дБ	500	30	93,5	5	6,0	15,5
	Абсорбція розчином соди в пінному скрубєрі	1630	420	74,4	5	84	0,88
Пил (0-90 мкм)	Осадження в інерційному пиловловлювачі	4000	200	96,0	5	40	2,4
	Фільтрування	3200	10	99,8	5	2	49,9

Таблиця Д.10 – Порівняльна характеристика роботи печей при знешкодженні газоподібних відходів, що містять органічні речовини

Показники	Тип печей		
	камерні шахти	циклонні	з псевдозрідженим шаром
t, °C	950	950	950
g _{об} , кг/(м ³ ·год)	≤ 650	900 – 2500	600 – 2200
τ/τ _{кр}	1	1	1
Відповідність санітарним вимогам	Відповідають по органічним речовинам		

ДОДАТОК Е АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор департаменту
агропромислового розвитку, екології
та природних ресурсів
Вінницької облдержадміністрації



Ткачук М. Ф.

_____ 2020 р.

АКТ

впровадження результатів докторської дисертаційної роботи Петрука Романа Васильовича у практичну діяльність департаменту агропромислового розвитку, екології та природних ресурсів Вінницької облдержадміністрації

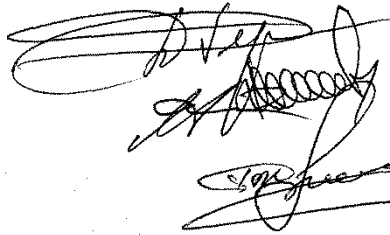
Ми, комісія: Герус Д. П. – начальник управління оцінки впливу на довкілля, охорони земель та природних ресурсів; Савчук Ю. В. – начальник управління дозвільної діяльності, природоохоронних програм, моніторингу та зв'язків з громадкістю; Мудрак А. О. – начальник відділу використання водних об'єктів; Мерц І. А. – старший інспектор відділу оцінки впливу на довкілля, природних ресурсів та поводження з відходами, склали цей акт про те, що в організаційно-управлінській та науково-практичній діяльності Департаменту агропромислового розвитку, екології та природних ресурсів впроваджено і використовуються окремі результати докторської дисертаційної роботи к.т.н., доцента кафедри екології та екологічної безпеки Вінницького національного технічного університету, докторанта НУ «Львівська політехніка» Петрука Р. В.

При цьому впровадження відноситься до управління екологічною безпекою та поводженням з непридатними до використання пестицидними препаратами, некондиційними ХЗЗР, невпізнаними сумішами мінеральних добрив, стійкими органічними забруднювачами, іншими отрутохімікатами та небезпечними відходами і речовинами. Результатом впровадження дисертаційної роботи Петрука Р. В. є підвищення ефективності використання повноважень департаменту та відповідних природоохоронних служб у сфері поводження з відходами, зазначених зокрема у п. 92 «Положення про ДАПРЕПР Вінницької облдержадміністрації», нова редакція якого затверджена 14.02.2018 року розпорядженням голови облдержадміністрації, №121, а саме:

- забезпечення реалізації регіональних та місцевих програм у сфері поводження з відходами, у тому числі ТПВ та небезпечними їх компонентами;
- розширення та реконструкція діючих об'єктів поводження і утилізації відходів;

- оцінки впливу відходів, у тому числі небезпечних, на довкілля і живі екосистеми, зокрема, на здоров'я населення;
- оптимізація форм інтегрованого управління екологічною безпекою непридатних ХЗЗР та інших небезпечних відходів;
- застосування нових сучасних методів і засобів рекультивациі та ремедіації забруднених ґрунтів та територій в результаті знесення та ліквідації відповідних складів і сховищ, які не відповідають санітарним нормам та не можуть бути використані для подальшої їх експлуатації і функціонування.

Члени комісії:



Герус Д. П.
Савчук Ю. В.
Мудрак А. О.
Мерц І. А.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Начальник Державної
екологічної інспекції у

Вінницькій області

Дубовий Ю. В.



« 18 » 02 2020 р.

Акт

**впровадження результатів дисертаційної роботи к.т.н., доцента кафедри екології та екологічної безпеки Вінницького національного технічного університету, докторанта НУ «Львівська політехніка»
Петрука Романа Васильовича**


Ми, комісія, у складі: перший заступник начальника Держекоінспекції у Вінницькій області Осадчук І. С.; начальник відділу державного екологічного нагляду (контролю) поводження з відходами та небезпечними хімічними речовинами Замушинська Ю. Ф.; заступник начальника відділу державного екологічного нагляду (контролю) поводження з відходами та небезпечними хімічними речовинами Поліщук П.П. склали цей акт про те, що у практичну діяльність Держекоінспекції впроваджено окремі результати дисертаційних досліджень Петрука Р. В. на тему: «Наукове обґрунтування оптимальних форм інтегрованого управління екологічною безпекою непридатних пестицидів та інших небезпечних відходів», виконані ним протягом 2013-2020 рр.


Комісія констатує, що на Вінниччині склалася несприятлива ситуація зі станом зберігання, використання, переробки, утилізації та транспортування до місць переробки небезпечних відходів, зокрема, і у першу чергу, непридатних пестицидних препаратів та інших хімічних засобів захисту рослин і мінеральних добрив, які з часом втратили свої споживчі якості і є небезпечними для людини та довкілля. Відтак, саме наукове обґрунтування ефективних організаційних та управлінських рішень з питань поводження з наведеними вище отрутохімікатами, розробка відповідних науково-обґрунтованих рекомендацій, схемно-технічних рішень, прогнозування ризиків зберігання та шляхів безпечного транспортування небезпечних речовин до місць їх переробки і утилізації та інших природоохоронних заходів, які досліджені у науковій роботі Петрука Р. В., є корисними для реалізації конкретних завдань Державною екологічною інспекцією у Вінницькій області відповідно її Положенню (пункт 16) та повноваженням, в першу чергу, здійснення державного нагляду (контролю) за додержанням вимог і норм природоохоронного законодавства.

При цьому на Вінниччині ще за радянсько-колгоспних часів зберігаються непридатні, змішані, невикористані, некондиційні ХЗЗР та

мінеральні добрива на складах у окремих районах та на отрутомогильнику поблизу с. Джурин Шаргородського району.

У цьому контексті комісія констатує важливість розробленої Петруком Р.В. науково-обґрунтованої методології інтегрованого управління екологічною безпекою непридатних пестицидів та інших небезпечних для людини і довкілля відходів та речовин для природоохоронної галузі в цілому і, зокрема, практичної діяльності Держекоінспекції.


Осадчук І. С.


Замушинська Ю. Ф.


Поліщук П.П.



ТОВ «ПОДІЛЬСЬКА СІЧ»

Тел. +38 (098) 56-56-904

Україна 21011, м. Вінниця
вул. Ватутіна, буд 19.

E-mail: vinvtorma@i.ua

IBAN UA073026890000026004055301720
у ВФ КБ „Приватбанк”
ЄДРПОУ: 32833487
ПІН 328334802288
Св. плат ПДВ №200147085



Акт

впровадження результатів дисертаційних досліджень Петрука Романа Васильовича у науково-виробничу діяльність ТОВ «Подільська Січ»

Ми, комісія, у складі: засновника ТОВ «Подільська Січ» Воловодюка В. В., головного інженера Кондратенка М. М., завідувача відділом зберігання відходів Воєводіна В. О. склали цей акт і констатуємо про те, що результати дисертаційних досліджень Петрука Р. В. в частині інтегрованого управління та поводження з відходами, у тому числі небезпечними компонентами побутових відходів (ТПВ), дійсно впроваджено у практичну діяльність нашого підприємства, яке займається збиранням, сортуванням та обробкою вторсировини і компонентів ТПВ, а саме: відходи паперу та картону, гумових виробів, скла та пластику тощо. Крім того, підприємство займається виробництвом відповідної дерев'яної тари, виробів з корків, соломки та інших рослинних матеріалів.

При цьому на ТОВ «Подільська Січ» використано методологію оптимальних форм інтегрованого управління екологічною безпекою небезпечних компонентів ТПВ, зокрема: відходи хімічних засобів, фарби, лаки, масла і мастила моторні, непридатні ХЗЗР, шлами, батарейки та акумулятори, ртутні лампи та термометри, забруднена тара, токсичні речовини та інші небезпечні відходи; особливості сучасних екологічно чистих технологій утилізації, переробки та рециклінгу небезпечних відходів; методи ідентифікації невпізнаних сумішей небезпечних речовин; екологічно безпечні методи зберігання токсичних речовин, тари і упаковки, а також науково-обґрунтовані рекомендації з безпечного їх транспортування до місць переробки та утилізації.

Комісія констатує актуальність дисертаційних досліджень, їх природоохоронну спрямованість, наукову і практичну цінність, зокрема, у сфері управління та поводження з відходами та підтверджує їх ефективність при використанні на ТОВ «Подільська Січ».

« 24 » лютого 2020 р.

Воловодюк В. В.

Кондратенко М. М.

Воєводін В. О.



**Акт
впровадження результатів дисертаційної роботи Петрука Р. В.**

Ми, що нижче підписалися, Коц Олександр Борисович – начальник вимірювальної екологічної лабораторії; Чижик Вікторія Володимирівна – провідний інженер; Груньковська Таїсія Олександрівна – інженер, склали акт про те, що частина результатів докторської дисертаційної роботи Петрука Романа Васильовича, які торкаються інтегрованого управління екологічною безпекою непридатних пестицидів та інших небезпечних відходів, використовуються у науково-практичній діяльності нашого підприємства, зокрема:

- у методології та інвентаризації відходів, тобто комплексу разових організаційно-технічних заходів з виявлення, ідентифікації, опису і реєстрації відходів, обміну обсягів їх утворення, утилізації та видалення, а також виявлення і обстеження місць утворення відходів та об'єктів поводження з ними;

- у розробці схем, технічних рішень санітарного очищення населених пунктів згідно ДБН Б.2.2-6:2013;

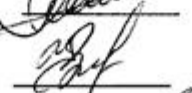
- в обґрунтуванні оцінки впливу на довкілля (ОВД) та стратегічної екологічної оцінки (СЕО) згідно відповідних Законів України від 2017 та 2018 років;

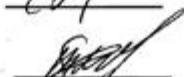
- у розробці розділів робочих проектів з оцінки впливу на навколишнє середовище згідно ДБН А 2.2-1-2013.

Комісія також зазначає, що використання розроблених у дисертаційній роботі Петрука Р. В. оптимальних форм інтегрованого управління екологічною безпекою різного роду відходів, у тому числі і у першу чергу небезпечних, є корисним та підвищує ефективність відповідних природоохоронних проектів, висновків і звітів, які розробляє підприємство «Інтер-ЕКО»

« 25 » лютого 2020 р.


Коц О. Б.


Чижик В. В.


Груньковська Т. О.

Вінницьке Товариство з обмеженою відповідальністю «ВінЕкоПроект»
21036, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 2 офіс 714; ЄДРПОУ 42583434;
р/р UA063510050000026003878918029; МФО-351005;
в ПАТ «Укрсиббанк» м. Київ, Тел.: (067) 432 0811; E-mail:
vinecoproect@gmail.com



Акт
впровадження результатів дисертаційних досліджень
Петрука Романа Васильовича у науково-практичну діяльність
ТОВ «ВінЕкоПроект»

Комісія у складі:


1. Якімцева Василя Васильовича директор;
 2. Савицької Олени Леонідівни еколог-проектант;
 3. Пузік Лілі Володимирівни начальник проектного відділу;
- відзначає факт впровадження та практичного використання у діяльності підприємства результатів докторської дисертаційної роботи к.т.н., доцента кафедри екологічної безпеки та природоохоронної діяльності інституту сталого розвитку імені В. Чорновола НУ «Львівська політехніка» Петрука Р. В.

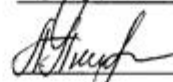
Зазначене впровадження відноситься до підвищення ефективності розроблення проектів з оцінки впливу на довкілля (ОВД) та стратегічної екологічної оцінки (СЕО) у сфері інжинірингу, геології та геодезії, надання відповідних послуг технічного консультування, а також у галузі будівництва, реконструкції, комунальної сфери в частині інтегрованого управління всіма видами відходів та ін.

Комісія також констатує факт безпосередньої участі у розробці зазначених проектів та звітів по ОВД і СЕО Петрука Р. В., як відповідального виконавця основоположних розділів, а також оперативність при виконанні цієї роботи та ефективність її у природоохоронній галузі.

« 02 » березня 2020 р.

 В.В. Якімцев

 О.Л. Савицька

 Л.В. Пузік



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95

Тел.: (0432) 56-08-48 Факс: (0432) 46-57-72 Ел. пошта: vntu@vntu.edu.ua

10.03.20 № 15-44

на № _____

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

перший проректор з науково-педагогічної роботи
по організації навчального процесу та його
науково-методичного забезпечення
Вінницького національного технічного університету,
д.т.н., професор Василевський О. М.



10.03 2020 р.

Акт

**впровадження у навчальний процес підготовки бакалаврів, магістрів та докторів філософії результатів дисертаційної роботи
Петрука Романа Васильовича**

Ми, що нижче підписалися: заступник директора Інституту екологічної безпеки та моніторингу довкілля з навчально-методичної роботи Вінницького національного технічного університету (ВНТУ), к.т.н., доцент Васильківський І. В.; завідувач кафедри екології та екологічної безпеки, к.т.н., доцент Іщенко В. А.; заступник директора ІнЕБМД з наукової роботи та міжнародної співпраці, к.т.н., доцент, старший науковий співробітник Кватернюк С. М. склали цей акт про те, що у навчально-методичний процес та наукову роботу (ВНТУ) впроваджено результати дисертаційних досліджень к.т.н., доцента кафедри екології та екологічної безпеки ВНТУ, докторанта за спеціальністю 183-Технології захисту навколишнього середовища НУ «Львівська політехніка» Петрука Р. В., а саме:

- лекційні, лабораторні та практичні заняття бакалаврської підготовки для студентів спеціальностей 101- «Екологія» та 183 – «Технології захисту навколишнього середовища» з дисциплін «Екологічна безпека», «Техноекологія», «Управління та поводження з відходами», «Ресурсозберігаючі технології та рециклінг», «Біотехнології», «Соціальна екологія», «Радіаційна та електромагнітна безпека», «Екологічна токсикологія»;

- лекційні та практичні заняття магістерської підготовки для студентів спеціальностей 101-«Екологія» та 183-«Технології захисту навколишнього середовища» з дисциплін «Джерела екологічної небезпеки», «Забезпечення екологічної безпеки», «Природоохоронні технології»;

- лекційні заняття для аспірантів з підготовки докторів філософії зі спеціальності 183-«Технології захисту навколишнього середовища» з дисциплін «Технології утилізації небезпечних відходів», «Основи екологічної безпеки та управління ризиками».

У програмах зазначених дисциплін використані такі елементи науково-практичних досліджень: сучасні загрози та ризики у сфері поводження з небезпечними відходами, вплив токсикологічних характеристик органічних забруднювачів на людину і довкілля, методи біоіндикації забруднених територій, сучасні методи і засоби утилізації, переробки та знешкодження непридатних пестицидів та інших небезпечних відходів, загрози небезпечних компонентів твердих побутових відходів (ТПВ), оптимальні форми інтегрованого управління екологічною безпекою місць зберігання залишків пестицидних препаратів (ПП) та інших небезпечних відходів (ІНВ), науково-обґрунтовані рекомендації застосування сучасних методів рекультивації та відновлення забруднених ґрунтів, методологія та техногенно-антропогенні ризики при транспортуванні небезпечних речовин, а також особливості імплементації та інтеграції вітчизняного природоохоронного законодавства та нормативної бази у сфері поводження з відходами, і, особливо небезпечними, до стандартів ЄС.

Результатом впровадження у науково-навчальний процес матеріалів дисертаційного дослідження є підвищення ефективності наукової роботи студентів, а також якості підготовки фахівців з екології, екологічної безпеки та природоохоронних технологій.

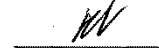
« 10 » 03 2020 р.



Васильківський І. В.



Іщенко В. А.



Кватернюк С. М.

ДОДАТОК Ж ПАТЕНТИ УКРАЇНИ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ ОТРИМАНІ
ЗА МАТЕРІАЛАМИ РОБОТИ



УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ № 139979

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ ХЛОРООРґАНІЧНИМИ ПЕСТИЦИДАМИ ТОЧКОВИМ ДЖЕРЕЛОМ ЗАБРУДНЕННЯ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.02.2020.

Заступник Міністра розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України

Д.О. Романович



УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ № 139385

СПОСІБ ПРИСКОРЕНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТУ ХЛОРОРГАНІЧНИМИ ПЕСТИЦИДАМИ ЛІШЬНИМ ДЖЕРЕЛОМ ЗАБРУДНЕННЯ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.01.2020.

Заступник Міністра розвитку економіки, торівлі та сільського господарства України

Д.О. Романович

