

**Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля**



Звіт
про науково-дослідну роботу
“ОБҐРУНТУВАННЯ НАУКОВИХ ЗАСАД ОПТИМАЛЬНИХ
МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ МОЇТОРИНГУ ТА
ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ
БЕЗПЕКОЮ НЕПРИДАТНИХ ПЕСТИЦИДІВ ТА
ПЕСТИЦИДВМІСНИХ ВІДХОДІВ”
(остаточний)
Шифр 16-Д-399

Науковий керівник:
Петрук Василь Григорович,
доктор технічних наук, професор

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ – процеси інтегрованого управління екологічною безпекою у сфері поводження з непридатними пестицидами та пестицидвмісними відходами.

МЕТА РОБОТИ – обґрунтувати оптимальні форми інтегрованого управління екологічною безпекою у сфері поводження з непридатними пестицидами та пестицидвмісними відходами (НП та ПВВ), а також вдосконалити методи і засоби їх моніторингу, переробки та утилізації.

На першому етапі вдосконалено методи та засоби екологічного моніторингу забруднення ґрунтів та водних об'єктів НП і ПВВ з використанням біоіндикації, вдосконалені експериментальні методики екологічного моніторингу забруднення довкілля НП і ПВВ з використанням біосенсорних технологій, розроблені імовірнісні математичні моделі виникнення екологічних ризиків забрудненням водних середовищ та впливу на здоров'я населення компонентів НП і ПВВ.

На другому етапі розроблено науково-методологічні основи інтегрованого управління екологічною безпекою і поводження з НП і ПВВ, розроблено мобільний технологічний комплекс для знешкодження НП та ПВВ, розроблено засіб екологічного моніторингу НП та ПВВ, вдосконалені реагентні методи переробки НП і ПВВ, проаналізовані зміни токсичності вторинних продуктів при термічних методах переробки НП і ПВВ при зміні температури обробки, вдосконалено методологію управління та обґрунтовані моделі техногенно-антропогенних ризиків і безпечних маршрутів при транспортуванні НП та ПВВ, вдосконалено комплексний метод відновлення забруднених пестицидами ґрунтів, вдосконалено метод визначення рівня екологічної токсичності пестицидів та продуктів їх переробки.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

- **Актуальність теми обумовлена необхідністю забезпечення зростаючих вимог до забезпечення екологічної безпеки при поводженні з непридатними пестицидами та пестицидвмісними відходами, що зумовлює необхідність вдосконалення методів та засобів їх екологічного моніторингу, а також їх переробки та утилізації.**
- **Аналіз сучасних досліджень по даній тематиці показав, що розроблення заходів для забезпечення екологічної безпеки у сфері поводження з непридатними пестицидами та пестицидвмісними відходами та підвищення ефективності оцінювання їх комплексного впливу на довкілля цікавить багатьох дослідників у світі, однак методи та засоби для реалізації цих задач вивчені недостатньо, тому актуальним буде розвиток методології та математичних моделей для аналізу екологічних ризиків при поводженні з пестицидвмісними відходами, зокрема, при їх зберіганні, транспортуванні, перезатарюванні, переробці та утилізації.**

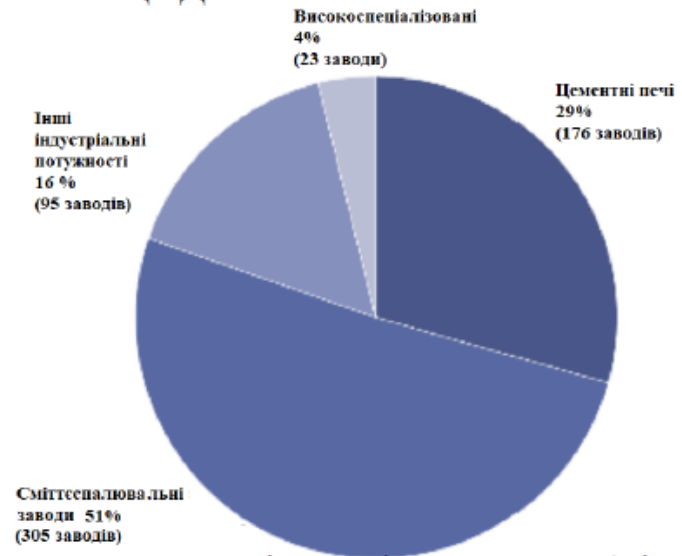
АНАЛІЗ ВІТЧИЗНЯНОГО ТА ЄВРОПЕЙСЬКОГО ЗАКОНОДАВСТВА У СФЕРІ ПОВОДЖЕННЯ З НІ ТА ПВВ

Основні акти вітчизняного законодавства:

- Закон України «*Про пестициди та агрохімікати*»
- Закон України «*Про загальну державну Програму поводження з токсичними відходами*»
- Закон України «*Про управління відходами*»,
- Розпорядження КМУ від 8.11.2017 року, № 820р «*Про схвалення національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року*»

Директивне законодавство ЄС:

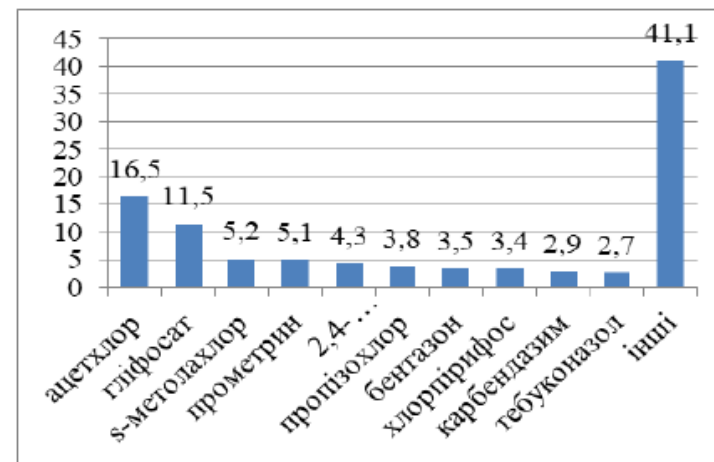
- Про відходи 2008/98/ЄС
- Про небезпечні відходи 91/689/ЄЕС
- Про спалювання відходів 2000/76/ЄС
- Про захоронення відходів на полігонах 99/31/ЄС
- Про упаковку та відходи упаковки 94/62/ЄС
- Про пестициди 2009/128/ЕС



Діаграма наявності заводів по переробці високотоксичних відходів і пестицидів

ПЕРЕЛІК ІМПОРТОВАНИХ В УКРАЇНУ ПЕСТИЦИДІВ НАЙБІЛЬШИХ ХІМВИРОБНИКІВ СВІТУ

Дюпон	Аканто Плюс, Кораген, Танос, Таск Екстра, Гранстар Голд, Тітус Екстра, Хармоні, Сальса, Експрес, Вареон;
Бауер	<p>Гербіциди: 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;</p> <p>Інсектициди: К-Обіоль ЕС25, К-Обіоль ULV6, Белт, Біскайя, Децис ф-Люкс, Децис профі, Енвідор, Каліпсо, Коннект, Конфідор, Мовенто, Протеус;</p> <p>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;</p>
Монсанто	Раундап, Хернес, Монітор, Гардіан тетра;
Chemnova	<p>Фунгіциди: Імпакт К, Імпакт Т, Імпакт 25, Імпакт 500;</p> <p>Інсектициди: Вантекс, Варант 200, Данадим, Золон, Фуфанон;</p> <p>Гербіциди: Адор 750, Гліфос Супер, Ленацил Бета, Нікіт 240, Протруювачі, Вініцит Форте, Вініцит 050</p>
Basf	<p>Фунгіциди: Абакус, Альтерно, Капало, Карамба Турбо, Піктор, Сігнум, Систіва, Кабріо Топ, Осіріс Стар;</p> <p>Гербіциди: Бутізан Авант, Євро-Лайтнінг, Нопасаран, Пульсар 40, Регаліс.</p>
Syngenta	Дана компанія в Україні має близько 600 різних сумішей пестицидних препаратів під різними назвами.



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

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

ОБСЯГИ НЕПРИДАТНИХ ПЕСТИЦИДІВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ТА ВІННИЧЧИНИ

Інформація щодо обсягів непридатних та заборонених пестицидів на території України станом на 01.01.2018

Території	Тонн пестицидів	Складів
Вінницька (без Джуринського отрутомогильника)	878,358	135
Джуринський отрутомогильник	2115	1
Дніпропетровська	0	1
Донецька	0	0
Житомирська	392,18	152
Запорізька	252,5064	57
Київська	298,941	23
Луганська	36,5	4
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

Дані інвентаризації ХЗЗР станом на 01.06.2016 року у Вінницькій області

Райони Вінницької області	Загальна кількість, т
Барський	8,900
Бершадський	4,020
Вінницький	0,000
Гайсинський	13,000
Жмеринський	71,170
Іллінецький	27,800
Калнінський	3,084
Козятинський	87,000
Крижопільський	41,250
Липовецький	0,000
Літинський	4,045
Могилів-Поділ.	44,000
Мурованокурил.	46,150
Немирівський	0,000
Оратівський	32,050
Піщанський	3,500
Погребищенський	17,000
Теплицький	220,420
Томашпільський	4,200
Тростянецький	40,000
Тульчинський	2,650
Тиврівський	183,400
Хмельницький	0,000
Чечельницький	7,400
Чернівецький	20,000
Шаргородський*	15,000
Ямпільський	3,800
Всього	899,539

- Оцінка детермінованого екологічного ризику небезпечних речовин:

$$TER = \frac{LC_{50}}{C}$$

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

- Оцінка екологічного ризику за методом екотоксів для агрохімікатів

$$E = \frac{P \times N}{LD_{50}}$$

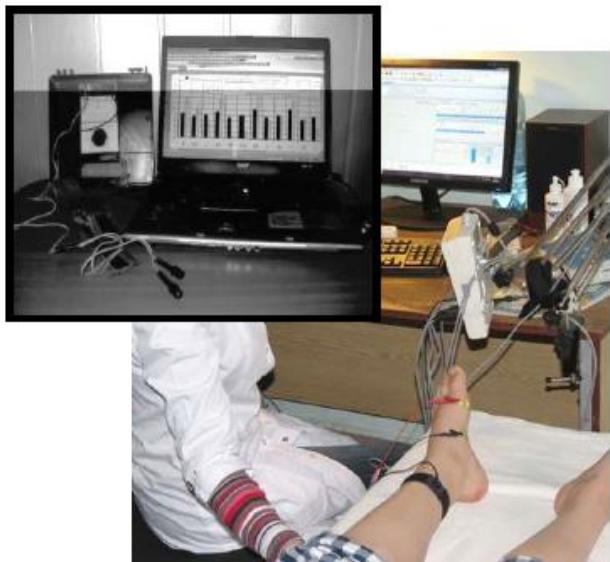
де P – період напівзникнення речовини з навколишнього середовища, тижні; N – середня норма витрати препарату, кг/га; LD_{50} – середня смертельна доза при пероральному надходженні в організм піддослідних щурів, мг/кг.

- Оцінка екологічного ризику за удосконаленим методом екотоксів для токсичних речовин у ґрунті, воді та повітрі

$$E = 52 \frac{P \times C}{DK}$$

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

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНИХ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ЗДОРОВ'Я ДИТЯЧОГО НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ



Комп'ютеризована система Вітатест-24 (за методом Макаца В.Г.)

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.).

	Загальна захворюваність дітей (на 10 000 відповідного населення) - всі хвороби	Наявність ХЗЗР с у Вінницькій області	Примітка
	2017 рік	2016 рік	
ВІННИЦЬКА ОБЛ	18 976,94 (середнє по області)		
Барський	14 982,71	8,9	
Бершадський	19 364,52	4,02	
Вінницький	16 942,86	0	Вивезено у 2012 році
Гайсинський	23 093,35	13	Вивезено у 2012 році
Жмеринський	17 447,52	71,17	
Ігнєвський	18 431,76	27,8	
Калинівський	19 548,32	3,084	Вивезено у 2012 році
Козятинський	19 373,30	87	
Крижопільський	22 788,73	41,25	Вивезено у 2012 році
Липовецький	15 563,78	0	Вивезено у 2012 році
Літинський	17 303,12	4,045	
М-Подільський	19 898,39	44	Вивезено у 2012 році
М-Курилівський	19 748,84	46,15	Вивезено у 2012 році
Немирівський	17 914,51	0	
Оратівський	14 944,77	32,05	
Покровищенський	17 269,77	3,5	
Піщанський	16 358,08	17	
Тепликський	22 690,78	220,42	
Томашпільський	20 837,53	4,2	Вивезено у 2012 році
Тростянецький	20 691,65	40	Вивезено у 2012 році
Тульчинський	21 092,29	2,65	Вивезено у 2012 році
Тиврівський	19 233,27	183,4	
Хмільницький	16 336,98	0	Вивезено у 2012 році
Чернівецький	17 708,33	7,4	
Чечельницький	16 630,47	20	
Шаргородський	19 198,71	15	Вивезено у 2012 році
Ямпільський	18 972,64	3,8	
м. Вінниця	19 236,90		
м. Ладизин	28 407,08		

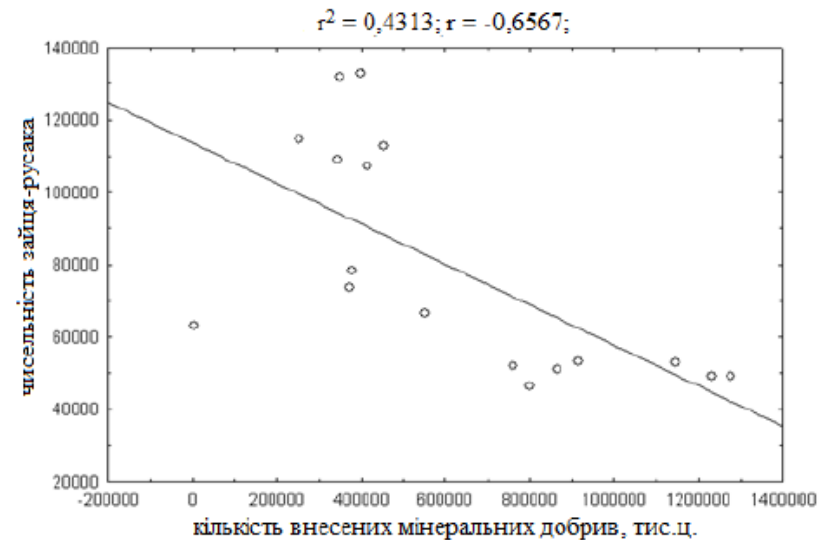
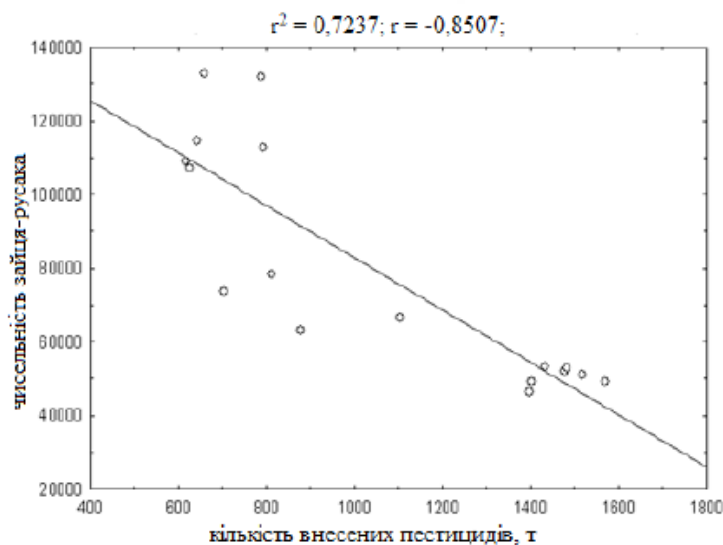
АНАЛІЗ ВПЛИВУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ, У ТОМУ ЧИСЛІ НП та ПВВ, НА ТЕРІОФАУНУ УКРАЇНИ (на прикладі Вінницької області)

Фактори впливу:

- Інтенсифікація землеробства
- **Надмірне використання ХЗР**
- Браконьєрство
- Переорювання
- Висушування боліт
- Будівництво об'єктів
- Прокладання автошляхів
- Пожежі

Наслідки небезпечних впливів:

- Втрата і трансформація біотопів
- Турбування тварин
- **Отруєння ХЗР** та викидами автотранспорту
- Фрагментація біотопів
- Порушення міграційних шляхів
- Генетична диференціація популяцій
- Просторова ізоляція транспортної інфраструктури



Динаміка чисельності зайця-русака залежно від:

а – рівня пестицидного навантаження; б – кількості внесених мінеральних добрив під урожай

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ФІТОТОКСИЧНОСТІ ПЕСТИЦИДІВ

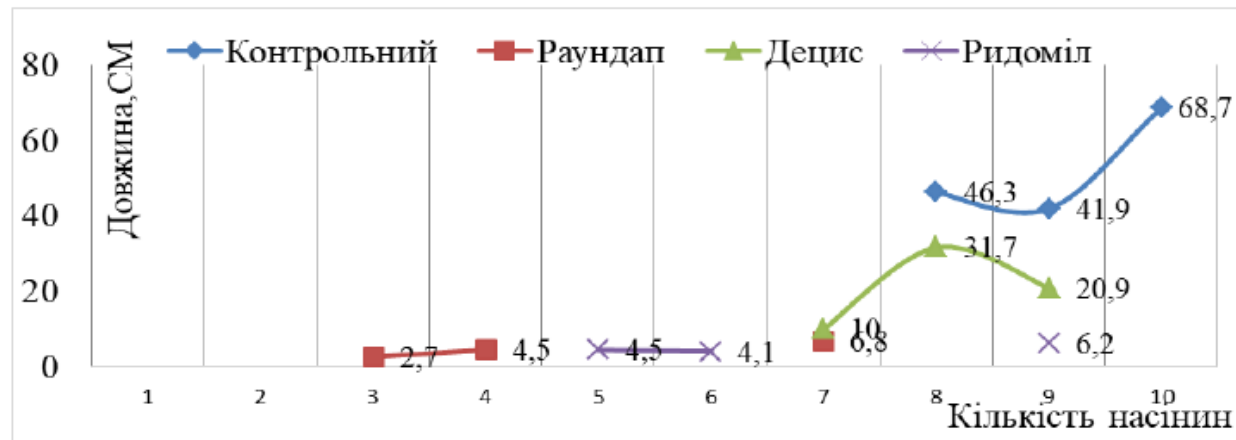
Тест-об'єкти: **цибуля і редис**

Суть методики: визначення фітотоксичного ефекту пророщування насіння модельних видів рослин на різних субстратах

Досліджувані пестициди: **гербіцид Раундап** (Монсанто), **фунгіцид Ридоміл** (Сингента), **інсектицид Децис** (СторScience).

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

$$\Phi E = \frac{L_0 - L_x}{L_0},$$

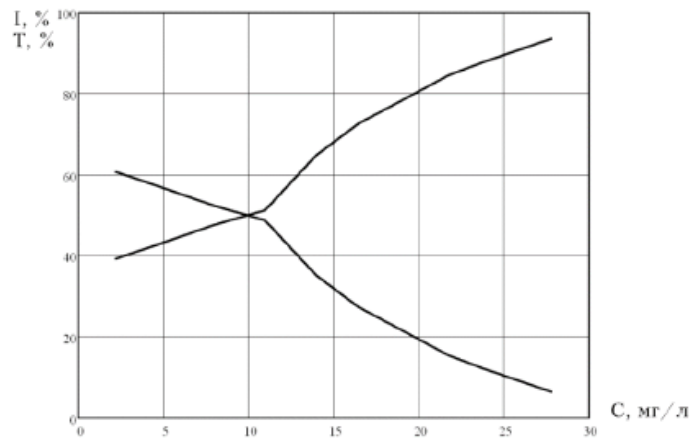


де L_0 – середня довжина кореня рослини, вирощеної на контрольному середовищі; L_x – середня довжина кореня рослини, вирощеної під впливом токсичного фактора. Він представлений такими значеннями: Ридоміл – 91%, Раундап – 91,45 %, Децис 57,5%. Таким чином, згідно шкали рівнів токсичності фітотоксичність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

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОТОКСИЧНОСТІ ПЕСТИЦИДІВ ДЛЯ ВОДНИХ ОРГАНІЗМІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНИХ МЕТОДІВ ТА БІОТЕСТУВАННЯ

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

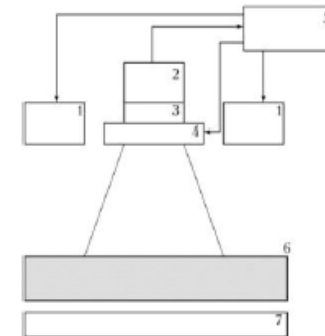
N	C, мг/л	I, %	T, %
1	2,2	60,7	39,3
2	4,5	57,5	42,5
3	8,0	52,4	47,6
4	11,0	48,9	51,1
5	14,0	35,2	64,8
6	16,5	27,2	72,8
7	18,8	22,1	77,9
8	21,8	15,4	84,6
9	23,8	12,2	87,8
10	27,8	6,4	93,6



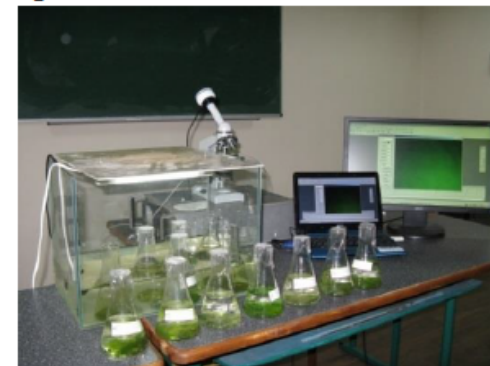
де C, мг/л – концентрація пестициду; I, % – тест-параметр; T, % – токсичність проб води.

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

де $TER_{i,j}$ – співвідношення для і-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 і-тої речовини у водному середовищі.

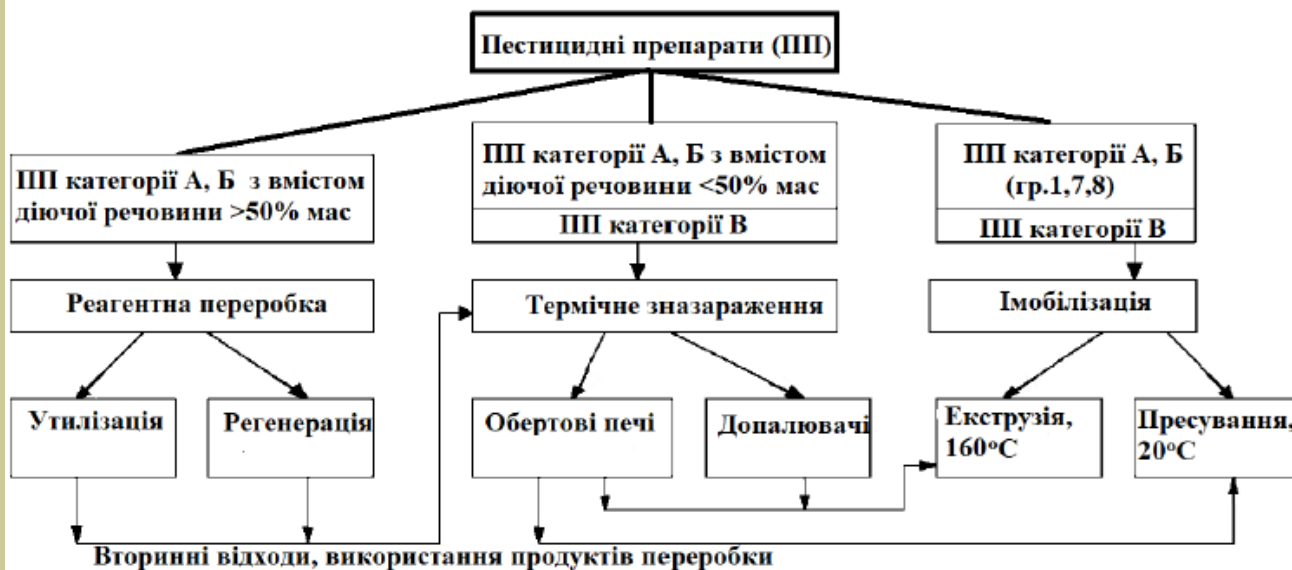


Структурна схема засобу мультиспектрального контролю параметрів забруднення водних середовищ НП та ПВВ



Зображення лабораторної установки для контролю токсичності неприємних отрутохімікатів у водних об'єктах з використанням **хлорели**

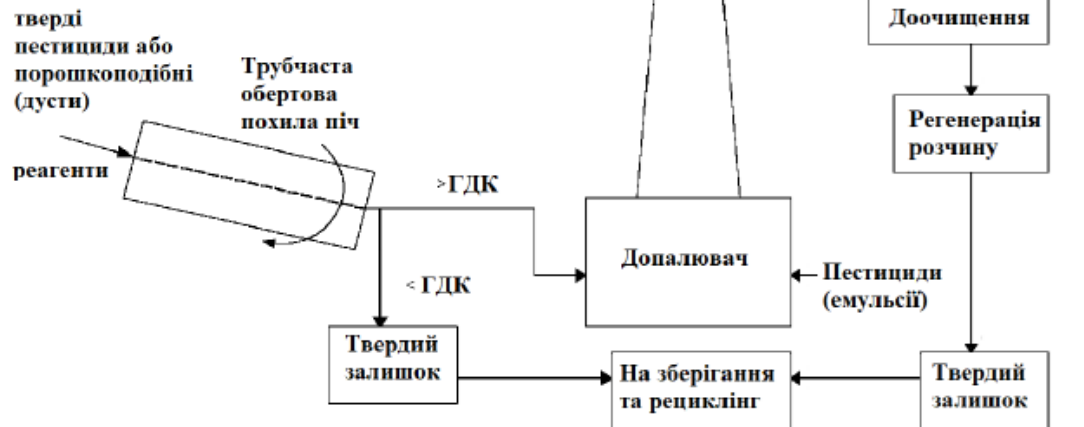
ОПТИМАЛЬНІ МЕТОДИ ДЕСТРУКЦІЇ ТА ЗНЕШКОДЖЕННЯ НП та ПВВ



Класифікація ПП за категоріями А, Б, В

Способи термічного розкладу НП та ПВВ:

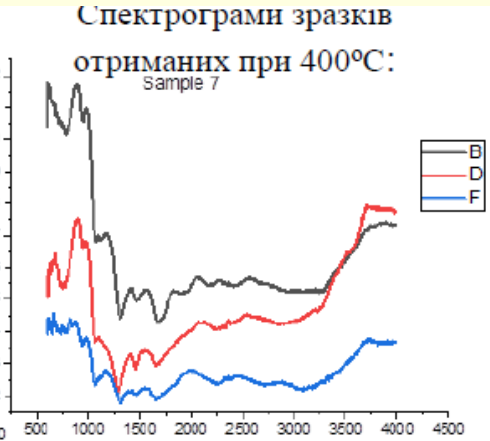
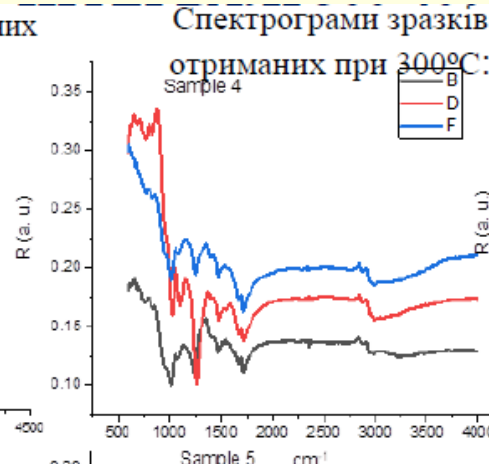
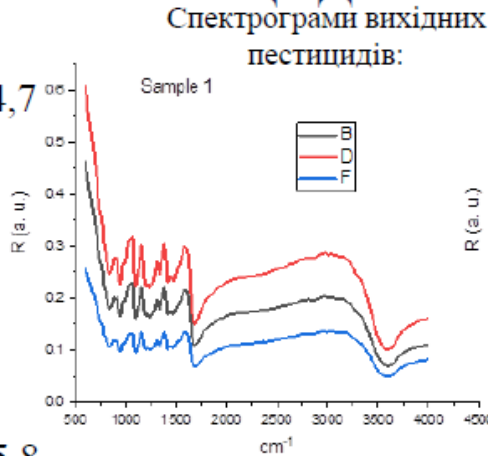
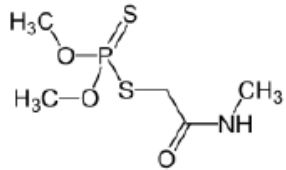
1. В камерних печах.
2. В багатополичкових печах.
3. **В обертових барабанних печах.**
4. В циклонних печах.
5. В печах із псевдозрідженим шаром.



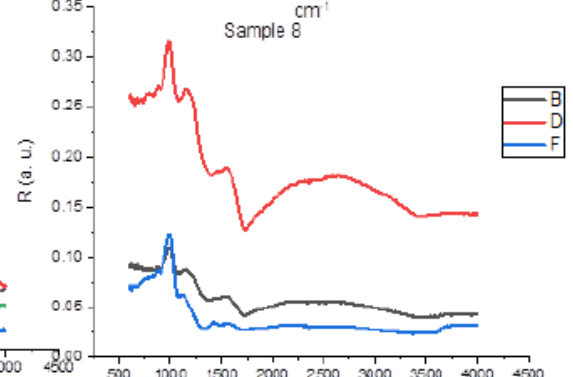
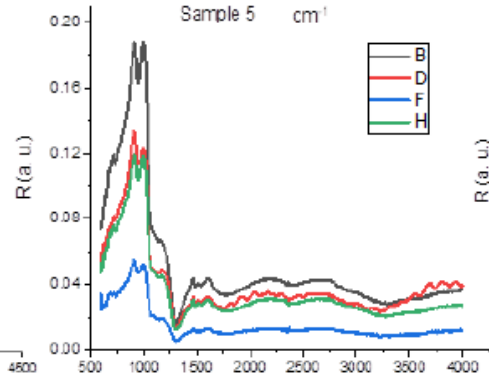
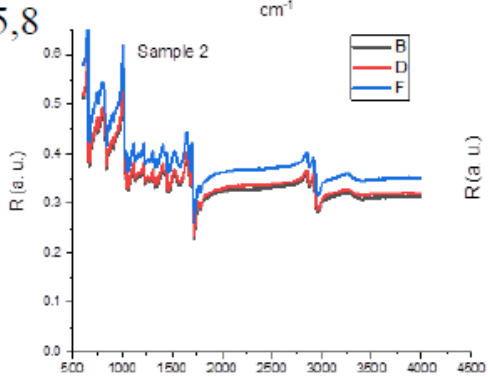
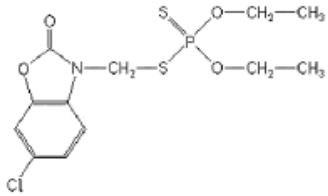
Принципова схема знешкодження ПП за допомогою трубчастої обертової похилої печі та допалювача

СПЕКТРОГРАМИ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ДЕСТРУКЦІЇ ПЕСТИЦИДІВ В ІНТЕРВАЛІ 300-400°C

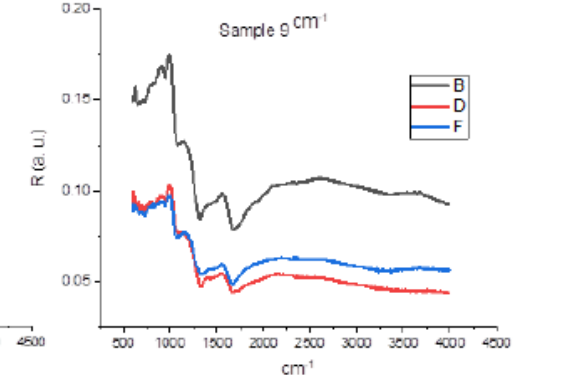
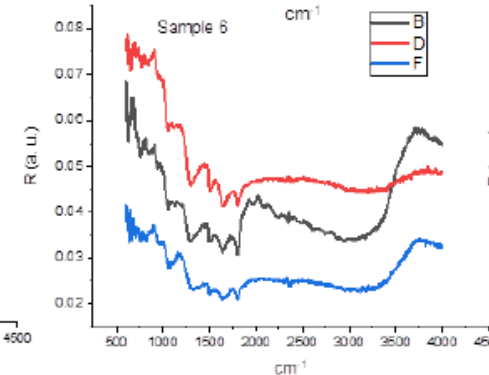
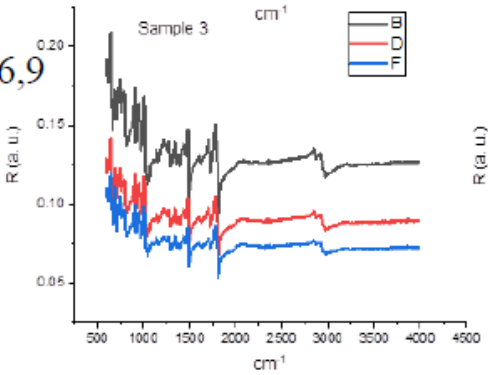
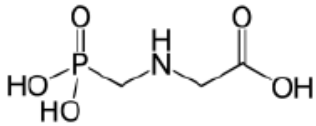
Диметоат: зразки 1,4,7



Фозолон: зразки 2,5,8

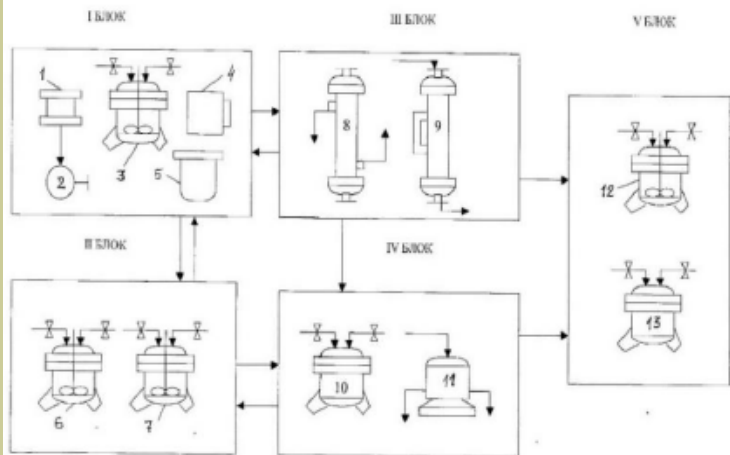


Гліфосат: зразки 3,6,9



АНАЛІЗ ЛУЖНОГО ГІДРОЛІЗУ ПРИ ЗНЕШКОДЖЕННІ ПЕСТИЦИДІВ

15



Блочно-модульна технологічна схема реагентної переробки пестицидних препаратів на основі їх лужного гідролізу. При цьому:

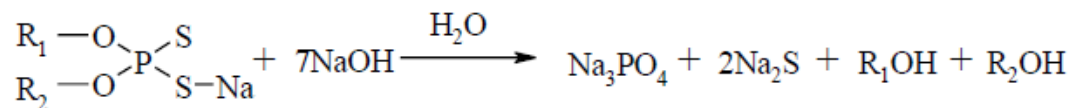
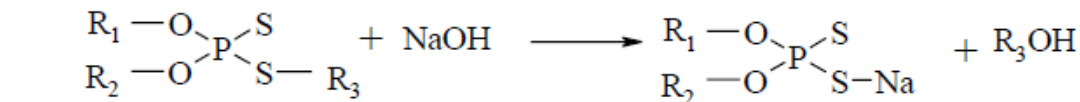
I БЛОК – підготовка вхідних компонентів (ємність для пестициду; відцентровий насос; апарат для розчинення луку; лічильники води і луку);

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

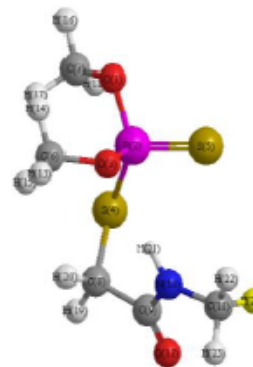
III БЛОК – декантація і розділення (конденсатор; ємкості для поділу рідини:);

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

V БЛОК – приймання готового продукту (випарні апарати)



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



Проведені відповідні розрахунки зарядів хімічних зв'язків між атомами зазначених ПП на базі методу Хартрі-Фока з базисом 3-21G, вбудованим у програму ChemBioOffice Ultra.

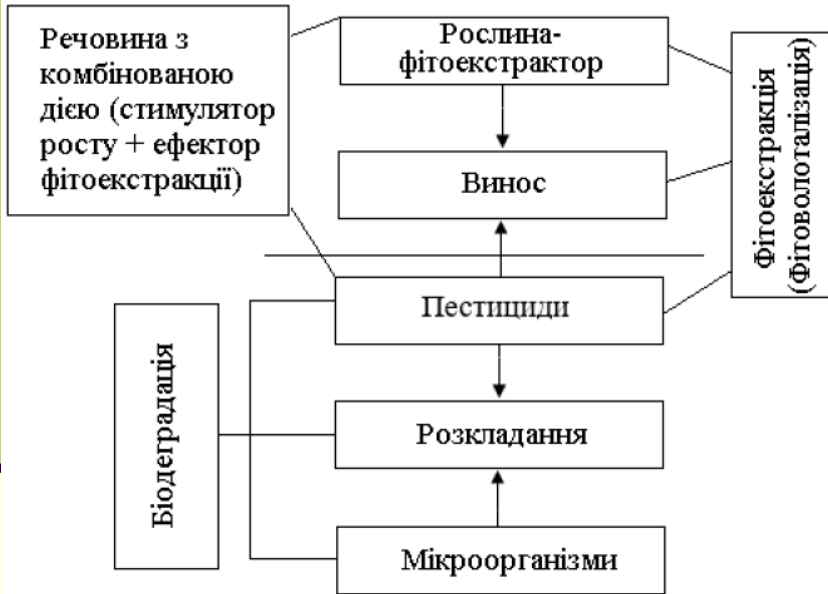
Ця методологія дозволяє оптимізувати перебіг процесів лужного гідролізу НП

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ЗАБРУДНЕНИХ ПЕСТИЦИДАМИ ГРУНТІВ

Сучасні методи фітореємедіації забруднених ПП ґрунтів:

1. Фітоекстракція
2. Фітодеградація
3. Фітоволоталізація
4. Фітогідравліка
5. Фітостабілізація
6. Різofільтрація
7. Різodeградація

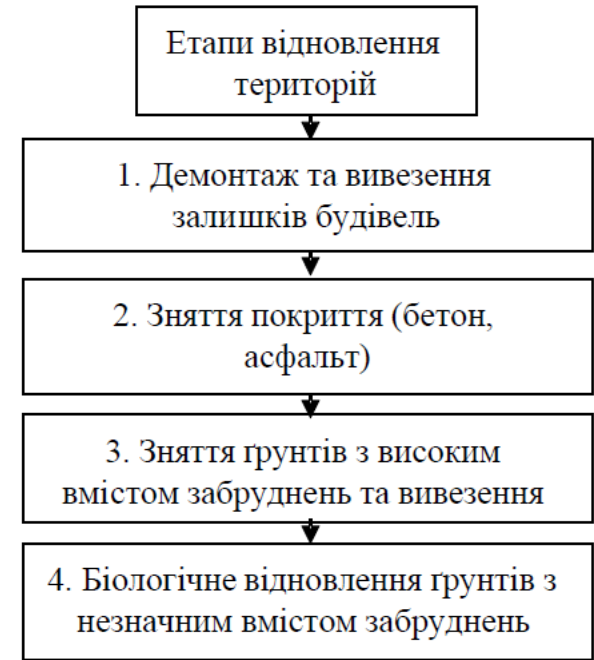
Фітореємедіаційний потенціал деяких рослин щодо відновлення ґрунтів забруднених пестицидами



Загальна схема очищення ґрунтів від пестицидів **КОМПЛЕКСНИМ МЕТОДОМ**

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

УПРАВЛІНСЬКА ЛОГІСТИКА ПОВОДЖЕННЯ ЗІ СКЛАДАМИ ХЗР та ПРИЛЕГЛИМИ ТЕРИТОРІЯМИ



Етапи відновлення територій складів

Управлінська логістична схема поводження з безхозними складами непридатних пестицидів

УПРАВЛІНСЬКА ЛОГІСТИКА ПОВОДЖЕННЯ З ТАРОЮ ТА УПАКОВКАМИ З-ПІД ПЕСТИЦИДІВ



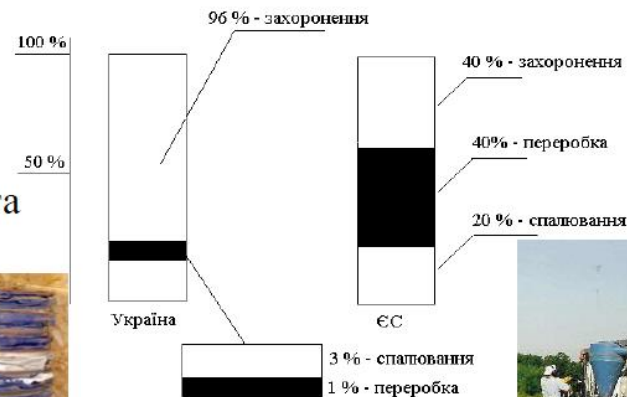
Управлінська логістична схема переробки та утилізації тари з-під пестицидів



Процеси проколу, промивання та пресування контейнерів з-під пестицидів

Порядок поводження з промитою тарою:

- передати ліцензованому підряднику з вивезення відходів;
- відвезти на ліцензований майданчик для утилізації відходів;
- утилізувати на сміттєспалювальному обладнанні з дозволу місцевих органів влади або органу охорони довкілля (в деяких країнах ЄС дозволене спалювання тільки на спеціалізованих ліцензованих заводах).



Стан поводження з тарою в Україні та ЄС

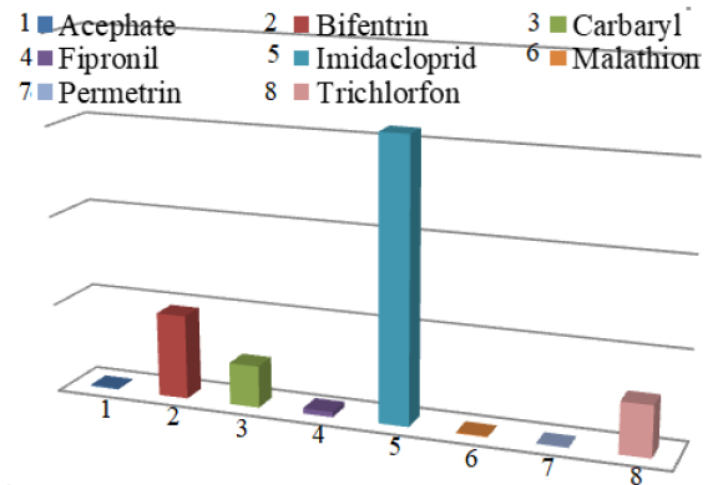


Процес подрібнення промитої пластикової тари з пестицидів у мобільному шредері

РОЗРАХОВАНІ ЗНАЧЕННЯ ЕКОТОКСІВ ІНСЕКТИЦИДІВ ЗА ВДОСКОНАЛЕНОЮ МЕТОДИКОЮ

Токсикологічні властивості інсектицидів

Міжнародна назва сполуки (Українська поширена назва)	LD ₅₀ , мг/кг	Середня витрати препарату (N), кг/га	Персистентність (P), тижні	Клас небезпеки	Фрази ризику**	Екологічна небезпека (E), екотокс
Асепхате (Ацетамідофос)	1400	1,31	0,42-0,84	III	Xn, N: R 22	$3,93 \cdot 10^{-4}$ - $7,86 \cdot 10^{-4}$
Bifentrin (Талстар)	55	0,4	4,3-8,7	I	Xn: R22, R65	$3,1273 \cdot 10^{-2}$ - $6,3273 \cdot 10^{-2}$
Carbaryl (Карбатокс)	850	8	1-4	II	Xn, N, Carc Cat. 3.: R22, R36/37, R40, R50	$9,412 \cdot 10^{-3}$ - $37,647 \cdot 10^{-3}$
Fipronil	750	0,2	4,8-17,4	II	Xn: R10, R20/21/22, R36,	$1,28 \cdot 10^{-3}$ - $4,64 \cdot 10^{-3}$
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	$2,8 \cdot 10^{-4}$ - $8,6 \cdot 10^{-4}$
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	$5,6 \cdot 10^{-3}$ - $51,333 \cdot 10^{-4}$



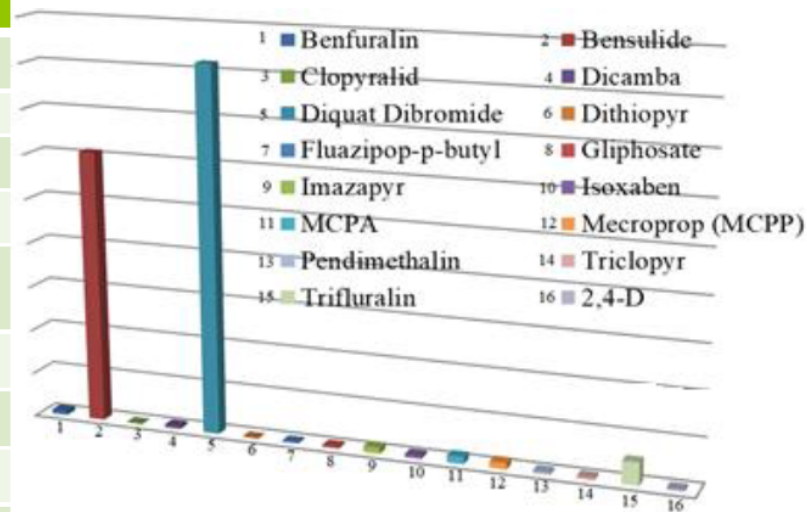
Діаграма відносної екологічної токсичності інсектицидів

З діаграми випливає, що найбільш токсичним інсектицидом є **Імідаклопрід**

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

РОЗРАХОВАНІ ЗНАЧЕННЯ ЕКОТОКСІВ ГЕРБИЦИДІВ ЗА ВДОСКОНАЛЕНОЮ МЕТОДИКОЮ

Міжнародна назва сполуки (Українська поширена назва)	LD 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
Gliphosate	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

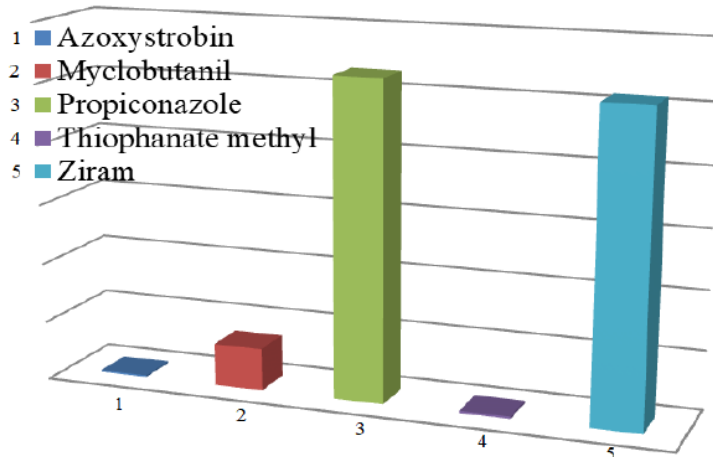


Діаграма відносної екологічної токсичності інсектицидів

З діаграми випливає, що найбільш токсичними гербицидами є **Бенсулід та Дикват**

РОЗРАХОВАНІ ЗНАЧЕННЯ ЕКОТОКСІВ ФУНГІЦИДІВ ЗА ВДОСКОНАЛЕНОЮ МЕТОДИКОЮ

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



З діаграми видно, що найбільш токсичними фунгіцидами є **Міклобутаніл та Цірам**

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН ТА ВАНТАЖІВ

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	$Exposure_i = f(V_c, \rho(V_c))$	Р. Батта, С. Чіу (1988)
	$PE(r) = \sum_{i \in r} D_i$	К. Ревель 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. Інгольфссон (2000)
Небезпека впливу	$DU(r) = \sum_{i \in r} P_i (\exp(k C_i) - 1)$	
Мінімум-максимум	$MM(r) = \max_{i \in r} C_i$	

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

де шлях l складається із ділянок $(1, 2, \dots, n)$; p_i – ймовірність виникнення аварії; C_i – величина, що характеризує наслідки (збитки) на ділянці i .

Індивідуальний ризик описується такою функцією:

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

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

Методологія оцінки ризиків транспортування небезпечних речовин та вантажів



ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ МАРШРУТІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН ЗА ДОПОМОГОЮ КОМПЛЕКСНОГО КРИТЕРІЮ БЕЗПЕКИ

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

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{K_n} = \sum_{i=1}^n \frac{L_j}{V_j} \cdot \sum_{j=1}^{S_j} P_{ij} \cdot \sum_{j=1}^M \frac{S_j}{V_{ij}} \cdot \sum_{j=1}^M (d_{ij} + t_{jk}) P_i \rightarrow \min$$

$$K_1 = \sum P_{i1} = \frac{L_1}{V_1} \cdot \sum_{i=1}^{S=1} P_{ij} \rightarrow \min$$

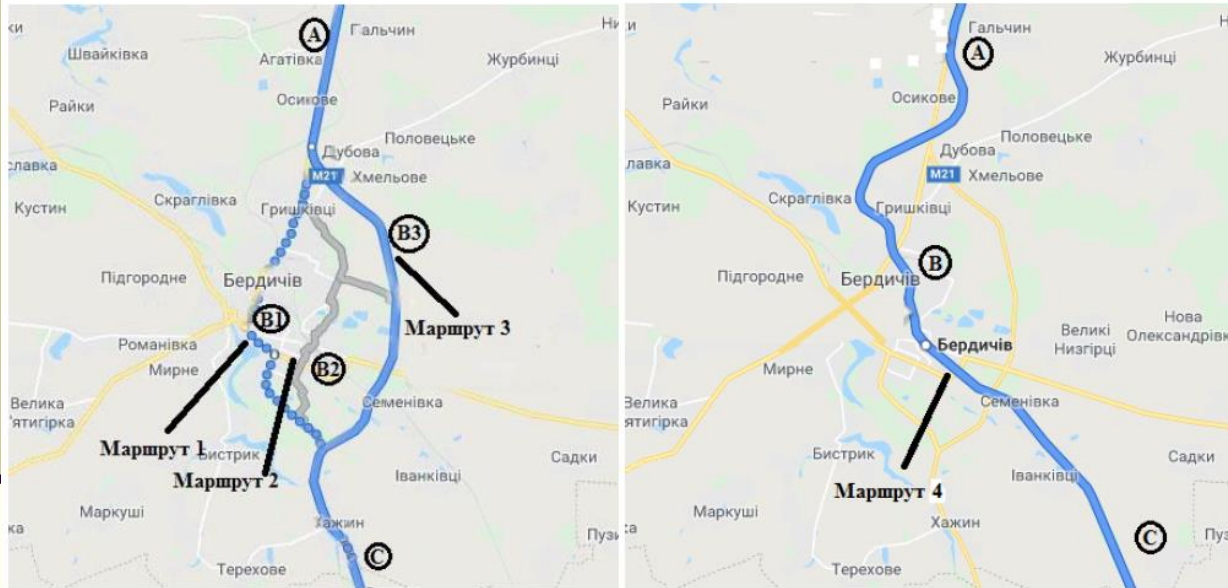
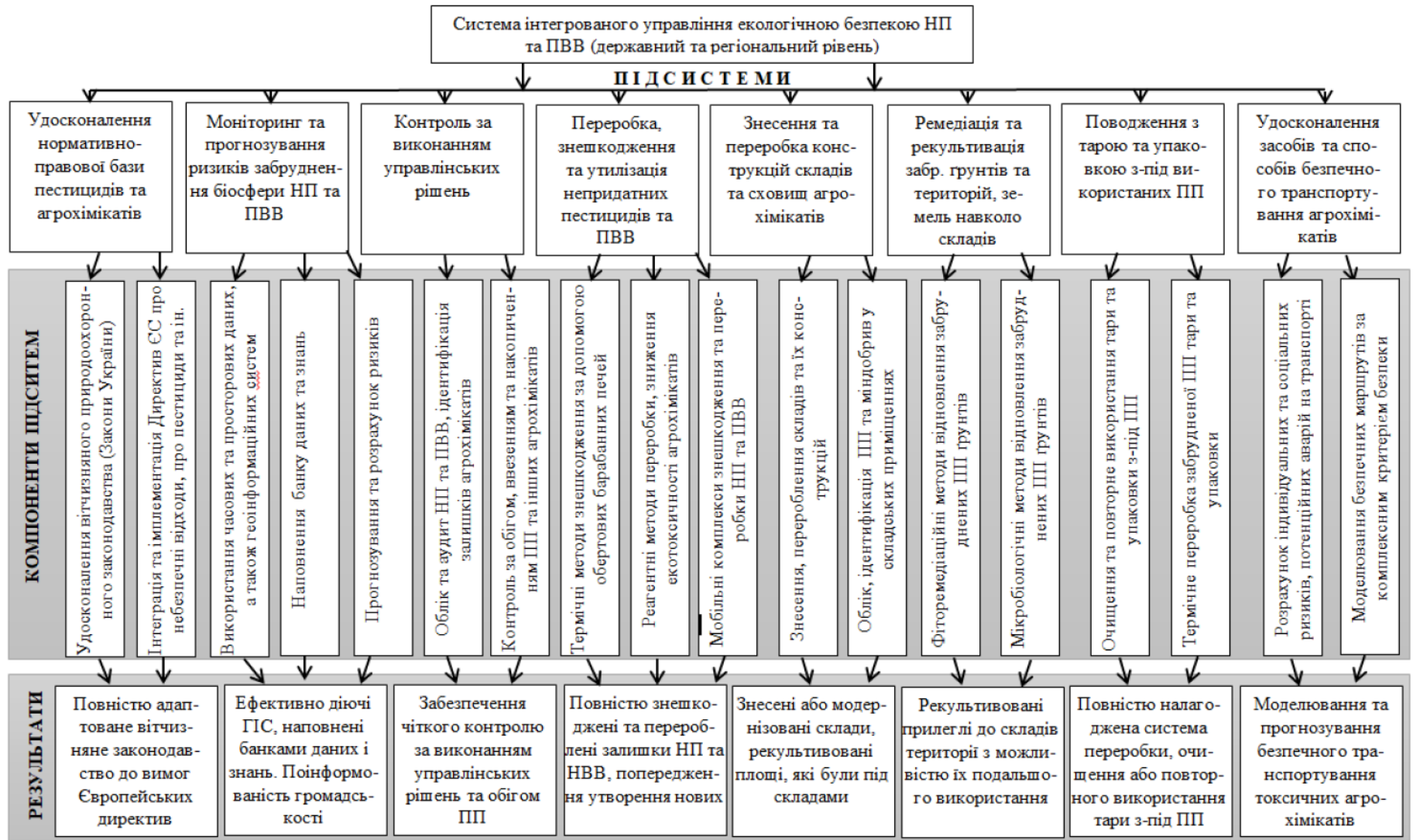


Схема можливих маршрутів перевезень небезпечних відходів з урахуванням можливих наслідків настання транспортної події
Маршрути: B1, B2, B3 – автомобільні; B – залізничний

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

ОПТИМІЗОВАНА СИСТЕМА ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ НП ТА ПБВ



ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Здійснено ретельний аналіз сучасних проблем існуючої системи управління і поводження у сфері відходів, у першу чергу, непридатних пестицидів та інших небезпечних речовин на основі досвіду кращих світових тенденцій, зокрема, країн ЄС. В результаті виявлено вкрай критичний стан державної системи управління екологічною безпекою та поводження у сфері відходів, а також встановлено основні напрямки її удосконалення та реформування на базі принципів інтегрованості, 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, встановлено вплив небезпечних компонентів ТПВ на людину і довкілля.
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 НП та ПВВ.
7. З допомогою ІЧ-спектроскопії встановлено ефекти низькотемпературної деструкції на прикладах сірко- та фосфорвмісних ПП в інтервалі температур 300-400°C, які полягають у повному розкладі діючих речовин з утворенням різних модифікацій пірокарбону та інших полімерних залишків, що підтверджує можливість використання такого низькоенергозатратного методу для знешкодження НП та ПВВ у місцях їх зберігання.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

8. Виконані 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 фіторемедіаційні методи. Також удосконалено методика 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.

Результативність виконання науково-дослідної роботи

Публікації колективу виконавців НДР

	План.	Факт.	Виконання
Подання заявок на патенти на корисну модель України	5	6	120
Публікація статей у журналах, що входить до наукометричних баз даних WoS та/або Scopus	4	7	175
Публікація статей у журналах, що включені до переліку наукових фахових видань України	6	6	100
Видання монографії мовами, які не відносяться до мов Європейського Союзу, опублікованої за рішенням Вченої ради ВНЗ	1	4	400
Видання монографії офіційними мовами Європейського Союзу	1	1	100
Видання навчального посібника	2	2	100
Захист магістерських дисертацій	7	7	100
Захист кандидатської дисертації	1	1	100

Кількість співробітників, які брали участь у виконанні НДР:

сумісників – 15

молодих учених з оплатою – 2

студенти – 2

За результатами НДР здійснювалась підготовка 9 аспірантів.

Дякую за увагу!