

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**ПОПОВИЧ НАТАЛІЯ ПИЛИПІВНА**

*УДК 628.4.03+ 628.46*

**ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИЙ ЗБІР, ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА  
ЗНЕШКОДЖЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

*Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека*

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Львів-2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор,  
Заслужений діяч науки і техніки України  
**Мальований Мирослав Степанович**,  
Національний університет «Львівська  
політехніка» Міністерства освіти і  
науки України, завідувач кафедри  
екології та збалансованого  
природокористування, м. Львів.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
**Шмандій Володимир Михайлович**,  
Кременчуцький національний університет  
імені Михайла Остроградського  
Міністерства освіти і науки України,  
завідувач кафедри екологічної безпеки та  
організації природокористування, м. Кременчук;

доктор технічних наук, професор,  
**Мандрик Олег Миколайович**  
Івано-Франківський національний технічний  
університет нафти і газу  
Міністерства освіти і науки України,  
перший проректор, м. Івано-Франківськ.

Захист відбудеться «31» травня 2019 р. о 12.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.052.22 в Національному університеті «Львівська політехніка» за адресою: 76057, м. Львів, вул. Генерала Чупринки, 130, аудиторія 105.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного університету «Львівська політехніка» за адресою: 79013, Львів, вул. Професорська, 1.

Автореферат розісланий «27» квітня 2019 р.

Вчений секретар спеціалізованої  
вченої ради К 35.052.22,  
к. т. н., доцент



В. В. Сабадаш

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Поводження із побутовими відходами в Україні набуло критичного рівня, оскільки 92% від загальної кількості їх утворення складають на відкритих територіях. Тверді побутові відходи депонуються більш аніж на 6700 сміттєзвалищах та полігонах загальною площею близько 9 тис. га. Загалом у нашій державі накопичено 37,6 млрд. тон відходів з яких 1,6 млрд. тон – небезпечні. Така ситуація призводить до значного техногенного пресингу на довкілля та виникнення екологічної катастрофи загалом. У цьому контексті важлива роль належить розробці ефективних механізмів екологічно безпечного збору, транспортування та знешкодження побутових відходів, а також підвищенню ефективності функціонування існуючих підходів поводження із відходами.

Враховуючи численні наукові дослідження В. М. Шмандія (2003); М. С. Мальованого (2004); Н. М. Ветрової (2008); І. Г. Смирнова (2008); Р. М. Вороніної (2008); В. О. Юрескул (2008); Ю. Г. Фесіної (2011); І. С. Скорохода (2011); В. П. Матейчика, М. Смешека, В. О. Хрутьби (2011); А. Г. Картавого (2011); Л. В. Дергачової (2011); В. Г. Петрука (2012); О. В. Харламової (2014); Г. Д. Гуменюка, Г. В. Войтюка (2015); О. В. Березюка (2015), які пов'язані із удосконаленням особливостей поводження із побутовими відходами, слід зазначити, що проблема підвищення ефективності функціонування екологічних логістичних систем, як складової регіонального менеджменту відходів, залишається актуальною.

Удосконалення технологій екологічно безпечного збору та транспортування побутових відходів на регіональному рівні, дослідження ефективності експлуатації рухомого складу, підвищення ефективності функціонування логістичних систем поводження із відходами, встановлення шляхів зменшення рівня екологічної небезпеки дозволить запровадити новітні форми поводження із побутовими відходами і сприятиме підвищенню екологічної безпеки регіону.

**Зв'язок з науковими програмами, планами, темами.** Дисертація виконана в контексті пріоритетних напрямів державної політики України у сфері сталого розвитку, охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів, які визначені Законом України "Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року", Законом України «Про відходи», постановою Верховної Ради України «Про стан виконання законодавства у сфері поводження з відходами в Україні та шляхи його вдосконалення»; постановою Кабінету Міністрів України «Про додаткові заходи щодо вдосконалення системи збирання, заготівлі та утилізації відходів як вторинної сировини» та розпорядженнями Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції Загальнодержавної програми поводження з відходами на 2013-2020 роки» та «Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року».

**Мета і завдання дослідження.** Мета – встановити основні складові екологічно безпечного збору, транспортування та знешкодження побутових відходів на регіональному рівні та розробити систему заходів із підвищення

ефективності функціонування існуючих підходів поводження із побутовими відходами.

Досягнення поставленої мети зумовило необхідність виконання таких завдань:

- провести аналіз наукових джерел стосовно поводження із відходами у межах населених пунктів;
- встановити причини та наслідки зростання рівня екологічної небезпеки внаслідок недосконалого поводження із побутовими відходами;
- розробити ієрархічні рівні поводження із побутовими відходами на рівні села, селища та приватного селянського домогосподарства;
- встановити роль рухомого складу у поводженні із побутовими відходами та дослідити ефективність його експлуатації;
- встановити вимоги до рухомого складу на «вході» та «виході» із екологічної логістичної системи поводження із відходами;
- вивчити особливості міграції небезпечних компонентів фільтратів у гідросферу під час експлуатації сміттєзвалищ;
- у відповідності до структурної схеми екологічної безпеки запропонувати шляхи підвищення її рівня.

*Об'єкт дослідження* – особливості поводження із побутовими відходами на регіональному рівні.

*Предмет дослідження* – екологічно безпечне поводження із побутовими відходами у межах населених пунктів та приватних домогосподарств.

**Методи дослідження.** У процесі досліджень використовувалися такі методи: фізичні, хімічні, порівняльної екології, кількісної екології, математично-статистичні, системного аналізу та методи логістичних побудов. Обробка результатів експериментів проводилась з використанням математичного програмування в пакеті MS Excel, Surfer, Mathcad.

**Наукова новизна одержаних результатів.** У результаті вивчення екологічно безпечного поводження із побутовими відходами на регіональному рівні та розроблення системи заходів із підвищення ефективності функціонування існуючих підходів поводження із побутовими відходами отримано такі наукові результати:

*вперше:*

- встановлено, що поводження із побутовими відходами на регіональному рівні відповідає трьом рівням градації – задовільний, ризикований та критичний рівень, які притаманні селу, селищу та приватному селянському домогосподарству, що дозволяє розробляти та впроваджувати ефективні методи та засоби управління екологічною безпекою;
- встановлено особливості міграції небезпечних компонентів фільтратів у гідросферу, що дозволяє прогнозувати рівень екологічної небезпеки від забруднення фільтратами довкілля в зоні впливу сміттєзвалища;
- встановлено, що екологічна логістична система поводження з відходами на регіональному рівні повинна враховувати чотири рівні: контейнерний, транспортний, роздільного збору, переробку та захоронення, що надає можливість підвищити ефективність управління екологічною безпекою;

*удосконалено:*

- критерії вибору рухомого складу для транспортування побутових відходів та небезпечних відходів у складі побутових шляхом врахування техніко-експлуатаційних та екологічних показників;
- класифікаційні ознаки регіональної екологічної безпеки шляхом виділення місцевої та об'єктової екологічної безпеки;  
*набули подальшого розвитку:*
- наукові підходи щодо вивчення поведінки населення у сфері поводження із побутовими відходами, що дозволяє здійснити прогнозування впливу техногенного забруднення на довкілля у межах регіону;
- методологічні підходи щодо вивчення забруднення довкілля у межах впливу сміттєзвалищ.

**Практичне значення одержаних результатів.** Встановлено ефективність експлуатації спеціальної техніки для транспортування побутових та небезпечних відходів у їх складі. Розроблена логістична система поводження із відходами у сільській місцевості, яка забезпечує відповідний рівень екологічної безпеки регіону та реалізацію заходів щодо збереження довкілля.

Результати досліджень використовують: Львівське комунальне підприємство «Зелений Львів» – для оптимізації поводження із побутовими відходами та небезпечними у складі побутових (акт впровадження від 21.05.2018 р. № 312); Вороцівська сільська рада Яворівського району Львівської області – для планування заходів поводження із побутовими відходами (акт впровадження від 17.05.2018 р. №195).

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є завершеною науковою працею та є самостійним дослідженням здобувача, що має наукове та практичне значення. Дисертаційна робота є результатом наукових досліджень дисертанта. Автором розроблено програму та завдання досліджень. Усі наукові ідеї, положення і результати теоретичних досліджень дисертації розроблені, сформульовані та отримані особисто автором у період з 2013 до 2018 років.

Теоретичні узагальнення математичних моделей, аналіз та інтерпретація отриманих даних, висновки до роботи виконані безпосередньо здобувачем.

**Апробація результатів досліджень.** Основні положення і результати дисертаційної роботи та окремі результати досліджень доповідались на круглих столах та конференціях різних рівнів: XIV Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми екологічної безпеки» (м. Кременчук, 2016); I International Scientific Conference “New Horizons: Achievements of Various Branches of Science” (Morrisville, 2016); I Міжнародній науково-практичній конференції студентів та молодих вчених «Перші кроки в науку» (м. Краматорськ, 2017); II International Scientific Conference «World Science in 2016: Results» (Morrisville, 2017); International Scientific Conference «Legal and law enforcement activity: European experience and Ukrainian reality» (Lviv, 2017); V Міжнародній науково-практичній конференції «Суспільні науки: невирішені питання» (м. Краматорськ, 2017); III Круглому столі «Стратегія екологічної безпеки України: соціально-економічний та правовий вимір» (м. Львів, 2018).

**Публікації.** За результатами досліджень, представлених у дисертаційній роботі, опубліковано 19 наукових праць, з яких: 1 стаття у закордонному

фаховому виданні; 3 статті – у наукових фахових виданнях України, внесених до міжнародної наукометричної бази даних *Index Copernicus International*; 5 статей – у наукових фахових виданнях України; 3 статті – у інших виданнях України; 7 – у матеріалах конференцій та круглих столів.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Список використаних джерел включає 193 найменування, з них 32 – латиницею. Загальний обсяг роботи складає 209 сторінок, з яких 153 сторінки основного тексту з 17 таблицями та 59 рисунками.

### **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми та наукової проблеми, сформульовані мета і завдання досліджень, наведені основні наукові положення, а також відомості про практичне значення та впровадження результатів досліджень.

**У першому розділі** виконано аналіз літературних джерел та визначено основні чинники екологічної небезпеки поводження із побутовими відходами та сміттєзвалищами. Відзначено, що в державі щороку зростає кількість вивезених на сміттєзвалища твердих побутових відходів орієнтовно на 4 млн. м<sup>3</sup>. Збиранням побутових відходів охоплено 72% населення України. Серед твердих побутових відходів збільшується частка відходів, які не піддаються біогенній деструкції та потребують значних територій для зберігання. Кількість перевантажених сміттєзвалищ становить 243 одиниці (5,8% від загальної кількості), а 1187 одиниць (28,5%) – не відповідають нормам екологічної безпеки. Екологічна небезпека побутових відходів відзначається надзвичайно низьким рівнем ефективності використання природних ресурсів. Найбільш прийнятним способом поводження із побутовими відходами є рециклінг.

**У другому розділі** розроблено програму досліджень, наведено методи та охарактеризовано полігони експериментальних досліджень, наведено теоретико-правову базу екологічно безпечного поводження із побутовими відходами.

Схеми логістики переробки і складування відходів та транспортування небезпечних відходів у складі твердих побутових розроблено за Ю.Г. Фесіною (2011). Розрахунки середньорічної продуктивності сміттєвозів та спеціальної техніки для перевезення небезпечних відходів здійснено за Д.П. Великановим (1969). Технічний рівень транспортних засобів для перевезення небезпечних відходів розраховано за З.І. Александровською та ін. (1984). Ефективність експлуатації сміттєвозів у середовищі «місто-сміттєзвалище» встановлено на основі регресійного аналізу.

Відбір проб для дослідження токсичності фільтраційних водойм Львівського міського сміттєзвалища здійснювався із ділянок антропогенного та природного походження. Проби відбиралися за рекомендаціями, які наведені у КНД 211.1.0.009-94 «Гідросфера. Відбір проб для визначення складу і властивостей стічних і технологічних вод».

Дослідження відібраних проб здійснено у Науково-дослідній лабораторії екологічної безпеки, яка знаходиться в Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності (Україна) (Свідоцтво про відповідність системи

керування вимірюваннями № РА127/17 від 14.11.2017 р., чинне до 13.11.2021 р., видане ДП "Львівстандартметрологія"). Положення про НДЛ розроблено на основі нормативного документа: «Порядок добровільного оцінювання системи керування вимірюваннями. Загальні вимоги та порядок проведення. СОУ 43.01-04725912-001.2016» (наказ ДП «Львівстандартметрологія» від 21.03.2016 р. № 648). Приміщення та навколишнє середовище лабораторії відповідає санітарним нормам, правилам і вимогам охорони праці. Випробувальне і допоміжне обладнання, засоби вимірювальної техніки і матеріали лабораторії екобезпеки відповідають вимогам нормативної документації, а також повірені та атестовані згідно ДСТУ 3215-95, ДСТУ 2708:2006, ГОСТ 24554-81.

У відібраних пробах визначався такий комплекс показників (параметрів): органолептичні: колір, прозорість, запах – за Ю. Ю. Лурье; фізичні: завислі речовини, сухий залишок, мінеральний залишок – гравіметричними методами (ЗВТ - ваги аналітичні, термометри лабораторні); фізико-хімічні: водневий показник, загальна мінералізація – потенціометричними методами згідно з інструкціями до відповідних приладів (прилади – рН-метр «рН-150И», солемір універсальний TDS); хімічні: твердість загальна, лужність (твердість карбонатна), вміст гідрокарбонатів – титрометричними методами із трилоном Б та хлоридною кислотою, відповідно; вміст хлоридів – титрометричним методом із нітратом срібла; вміст сульфатів – гравіметричним методом (прилад – ваги аналітичні); вміст нітритів – фотометричним методом з реактивом Грісса (прилад – електрофотокolorиметр КФК-2); вміст нітратів – фотометричним методом із саліциловою кислотою Грісса (прилад – електрофотокolorиметр КФК-2); вміст амоній-іонів – фотометричним методом із реактивом Неслера Грісса (прилад – електрофотокolorиметр КФК-2); вміст фосфатів – фотометричним методом із комбінованим «молібденовим реактивом» та аскорбіною кислотою (прилад – електрофотокolorиметр КФК-2); вміст заліза – фотометричним методом із роданідом (прилад – електрофотокolorиметр КФК-2); хімічне споживання кисню (ХСК) - титрометричним методом із дихроматом калію; біологічне споживання кисню (БСК5) – титрометричне визначення розчиненого кисню із йодидом калію (прилад – термостат сухо повітряний); вміст нафтопродуктів – гравіметричним методом із хлороформом та гексаном (прилад – ваги аналітичні). Розрахунок біоплато здійснено за методикою Kadlec R.H.

Статистичну обробку даних проводили згідно із загальноприйнятими методиками, кореляційний та регресійний аналіз – із використанням прикладних програм Microsoft Excel 2010, Surfer, Mathcad.

**У третьому розділі** наведені результати досліджень особливостей екологічно безпечного збору та транспортування відходів до сміттєзвалищ, міграцію небезпечних компонентів сміттєзвалищ у довкілля, засоби знешкодження ландшафто-трансформуючих чинників сміттєзвалищ. Встановлено ефективність функціонування рухомого складу для збору побутових відходів та небезпечних відходів у складі побутових.

Проведений аналіз різних типів сміттєвозів, які випускаються в Україні, за способом завантаження сміття: із боковим завантаженням, із заднім завантаженням, порталних. Досліджувані сміттєвози наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Технічні характеристики досліджуваних сміттєвозів

Марка	Об'єм кузова, м <sup>3</sup>	Маса відходів, кг	Повна маса автомобіля, кг	Вантажопідйомність маніпулятора, кг	Габаритні розміри, мм
<i>Сміттєвози із боковим завантаженням</i>					
КО-427-32	16	6800	19000	700	7600x2500x3700
КО-440-8	18	7150	18000	500	7600x2500x3700
КО-449-33	18,5	7900	19500	700	7650x2500x3750
КО-449-02	22	8250	22400	700	8680x2500x3700
КО-449-35	22	8100	20000	700	8750x2550x3750
<i>Сміттєвози із заднім завантаженням</i>					
КО-437-50	17	5500	16150	700	7850x2500x3900
КО-427-06	18	9700	20500	700	9150x2550x3500
КО-456-10	10	4000	12500	500	7600x2500x3700
КО-456-12	10	4775	14300	500	7600x2500x3700
МКЗ-40	18	6000	20800	700	8320x2490x3550
СБМ-409/1	20	11500	22200	1000	7200x2500x3500
<i>Сміттєвози порталні</i>					
СБМ-304/2	8	5000	11600	5500	6100x2500x3200
СБМ-303/2	8	7000	15700	5500	6100x2550x3300
СБМ-307/3	8	4225	10100	4800	5650x2550x3200
МКТ-150	50	24500	36500	5500	19395x2500x3800

На ефективність застосування транспортних засобів мають вплив такі параметри: маса відходів, об'єм відходів, маса транспортного засобу, габаритні розміри транспортного засобу, об'єм кузова. Комунальні господарства та підприємства із забезпечення благоустрою експлуатують різні типи сміттєвозів, які мають різні характеристики. В ролі критеріїв ефективності роботи сміттєвозів великого міста вибрано функцію:

$$y = \frac{m_v}{m_a} \cdot \frac{m_m}{m_{m \max}} \cdot \frac{l}{l_{\max}} \cdot \frac{V}{V_{\max}}, \quad (1)$$

де  $m_v$  – маса відходів, які транспортує сміттєвоз (кг),  $m_a$  – повна маса сміттєвоза (кг),  $m_m$  – вантажопідйомність маніпулятора (кг),  $l$  – довжина сміттєвоза (м),  $V$  – об'єм кузова (м<sup>3</sup>),  $m_{m \max}$ ,  $l_{\max}$ , і  $V_{\max}$  – відповідні максимальні значення параметрів для сміттєвозів, які розглядаються.

Вибір критерію враховує, що ефективність сміттєвоза є більшою, якщо об'єм відходів, які він перевозить є більшим, має менші габарити (зокрема довжину), а вантажопідйомність маніпулятора є найвищою. Визначення ефективності сміттєвозів здійснено за допомогою регресійного аналізу. Побудовано функцію множинної лінійної регресії:

$$y_i = \beta_0^* + \beta_1^* x_{i1} + \beta_2^* x_{i2} + \beta_3^* x_{i3}, \quad (2)$$

у якій незалежними змінними є  $x_{i1}$  – вантажопідйомність маніпулятора на  $i$ -му сміттєвозі,  $x_{i2}$  – маса відходів, яка транспортується та  $x_{i3}$  – об'єм кузова сміттєвоза.



Матриця регресії та стовпчик значень критерію мають вигляд:

$$X = \begin{pmatrix} 1 & 700 & 6800 & 16 \\ 1 & 500 & 7150 & 18 \\ 1 & 700 & 7900 & 18 \\ 1 & 700 & 8250 & 22 \\ 1 & 700 & 8100 & 22 \\ 1 & 700 & 5500 & 17 \\ 1 & 700 & 9700 & 18 \\ 1 & 500 & 4000 & 10 \\ 1 & 500 & 4775 & 10 \\ 1 & 700 & 6000 & 18 \\ 1 & 1000 & 11500 & 20 \\ 1 & 5500 & 5000 & 8 \\ 1 & 5500 & 7000 & 8 \\ 1 & 4800 & 4225 & 8 \\ 1 & 5500 & 24500 & 50 \end{pmatrix}, \quad Y = \begin{pmatrix} 0.527424 \\ 0.470395 \\ 0.685805 \\ 0.653442 \\ 0.712800 \\ 0.516259 \\ 0.651579 \\ 0.210526 \\ 0.219682 \\ 0.436853 \\ 1.438939 \\ 3.109101 \\ 3.216038 \\ 2.843074 \\ 9.517352 \end{pmatrix}$$

Вектор коефіцієнтів рівняння регресії обчислюється за формулою:

$$\beta^* = (X^T X)^{-1} X^T Y. \quad (3)$$

Одержано такі значення компонент вектора  $\beta^*$  – коефіцієнтів рівняння регресії:

$$\beta_0^* = -2,22; \beta_1^* = 7.694 \cdot 10^{-4}; \beta_2^* = 1,218 \cdot 10^{-4}; \beta_3^* = 0,083. \quad (4)$$

Вектор похибок визначено за формулою:

$$\varepsilon = Y - X\beta^*. \quad (5)$$

Із його урахуванням обчислено коефіцієнт множинної регресії:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=0}^{n-1} \varepsilon_i^2}{\sum_{i=0}^{n-1} (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (6)$$

де  $n=14$ ,  $y_i$  – компоненти вектора  $Y$ ,  $\bar{y}$  – їх середнє арифметичне та  $\varepsilon_i$  – компоненти вектора  $\varepsilon$ . Значення коефіцієнта регресії становить  $R=0,989$  та є близьким до 1, що свідчить про належний вибір функції регресії.

Для оцінки впливу чинників на ефективність визначено нормовані коефіцієнти регресії за залежностями:

$$a_i = \beta_i \frac{S_{\beta_i^*}}{S_y}, \quad i=1, 2, 3, \quad (7)$$

де:

$$S_y = \sqrt{\frac{Y^T Y}{n} - \bar{y}^2}, \quad (8)$$

$$S_{\beta_i^*} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{n-1} \varepsilon_i^2}{n-m-1}} b_{ii}, \quad (9)$$

$b_{ii}$  – елементи головної діагоналі матриці  $B = (X^T X)^{-1}$ ,  $n=14$ ,  $m=3$ .

Таким чином одержано:

$$a_1=2,224 \cdot 10^{-8}; a_2=4,286 \cdot 10^{-9}; a_3=1,348 \cdot 10^{-3}. \quad (10)$$

В результаті аналізу ефективності використання сміттєвозів встановлено, що на ефективність роботи сміттєвоза найбільше впливає такий параметр, як об'єм кузова. Ці результати є закономірними, оскільки для великого міста вагомим показником роботи сміттєвоза є максимальний об'єм відходів, які він може перевезти. В умовах міста найбільша ефективність експлуатації характерна для сміттєвозів: із боковим завантаженням – КО-449-02, КО-449-35; із заднім завантаженням – МКЗ-40, СБМ-409/1; порталні – МКТ-150 (перевантажувальні станції).

Розрахунки показали, що найкращі показники загальної експлуатаційно-технічної характеристики транспортних засобів для перевезення небезпечних вантажів належать: за питомою масою спеціального обладнання – КрАЗ К16.2 — 0,4 т; за питомою потужністю двигуна – ОТ-20(ISUZU NQR 71P) — 30,7 кВт; за коефіцієнтом компактності-ОТ-20(ЗІЛ-433360)- -3,04. Найвищою є середньорічна продуктивність для ОТ-20(ЗІЛ-433360), яка складає 96780,2 т км/рік. За вантажопідйомністю (16 т) та об'ємом контейнера для небезпечних відходів у складі твердих побутових (30 м<sup>3</sup>) найкращі технічні характеристики відповідають КрАЗ К16.2.

Складування відходів на відкритих територіях (сміттєзвалищах) призводить до незворотних екологічних процесів у біосфері, які спричинені горінням відходів, утворенням біогазу та виділенням фільтратів. Впливу сміттєзвалищ на довкілля присвячено чимало наукових праць. Ми досліджували вплив фільтратів Львівського міського сміттєзвалища на гідросферу та біосферу, а також аналізували міграцію небезпечних речовин. Відбір проб здійснено із 4-х ділянок (рис. 1).

Найбільше нафтопродуктів виявлено у фільтратах із північно-західного боку сміттєзвалища (23,6 мг/дм<sup>3</sup>), значення якого перевищує гранично допустимі концентрації (10 мг/дм<sup>3</sup>) у 2,36 рази. На відстані 800 м та більше вміст нафтопродуктів у водоймах становить 0,28-0,43 мг/дм<sup>3</sup>. Прозорість фільтрату найнижча біля підніжжя та становить 4 см. Із північно-західного боку сміттєзвалища прозорість фільтрату становить 12 см. На відстані 800 м і 1260 м від підніжжя сміттєзвалища прозорість фільтрату у ставках становить 28см і 31см відповідно. Фільтрати із північно-західного боку сміттєзвалища є кислими (рН становить 2,1). Біля підніжжя значення рН фільтратів переходить у лужне (8,1), що пояснюється депонуванням змитих поживних речовин із тіла сміттєзвалища (рис. 2).

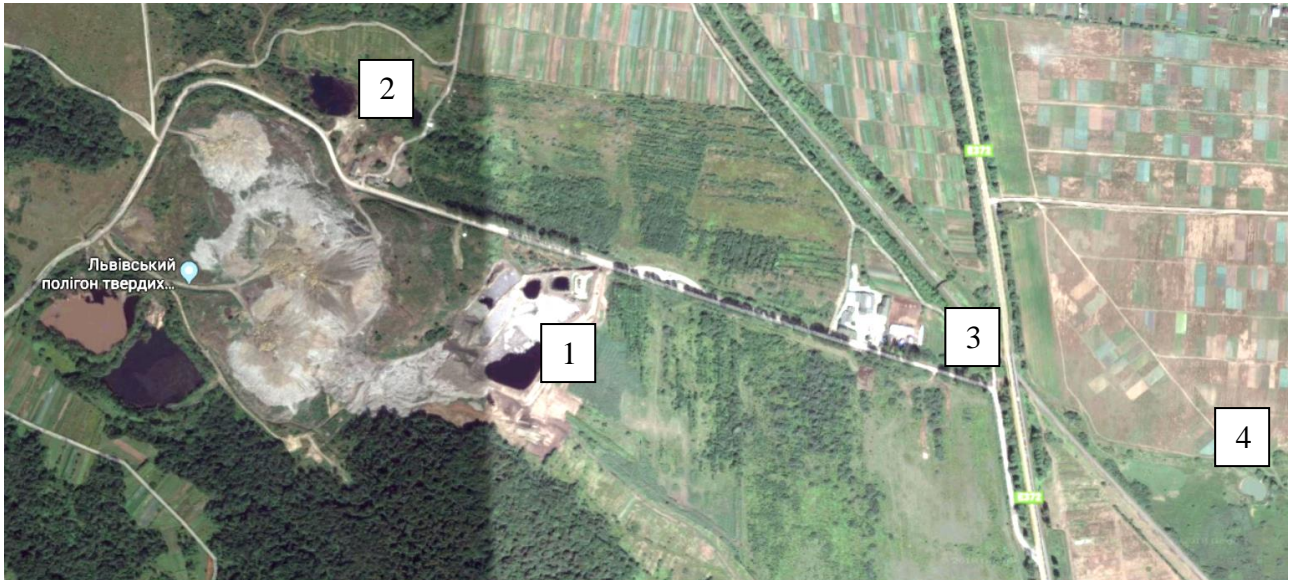


Рисунок 1 – Ділянки відбору проб води у зоні впливу Львівського міського сміттєзвалища: 1 – штучне фільтраційне озеро біля підніжжя сміттєзвалища; 2 – штучне фільтраційне озеро із північно-західного боку сміттєзвалища (440 м від підніжжя на північний захід); 3 – техногенна водойма на відстані 800 м на схід від підніжжя сміттєзвалища; 4 – природна водойма за 1260 м на схід від підніжжя сміттєзвалища

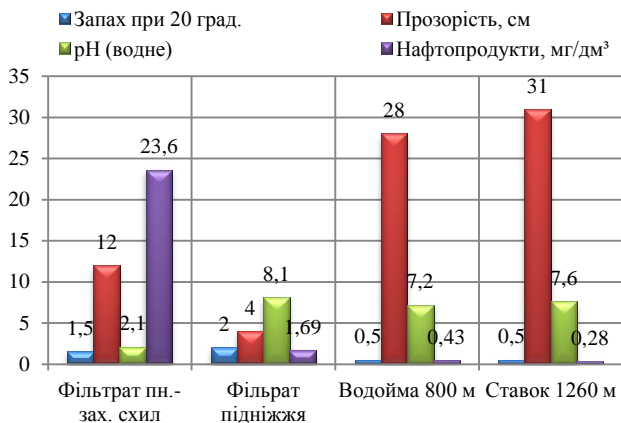


Рисунок 2 – Значення запаху, прозорості, рН та нафтопродуктів у фільтратах Львівського міського сміттєзвалища



Рисунок 3 – Значення вмісту хлоридів та сульфатів у фільтратах Львівського міського сміттєзвалища

Найвищий вміст хлоридів у фільтратах спостерігався біля підніжжя –  $2045 \text{ мг/дм}^3$ , що перевищує гранично допустимі концентрації ( $350 \text{ мг/дм}^3$ ) у 5,84 рази. Вміст хлоридів у фільтратах із північно-західного боку сміттєзвалища становив  $774 \text{ мг/дм}^3$ , що перевищує гранично допустимі концентрації у 2,21 рази. У решта водоймах вміст хлоридів не перевищував допустимі норми. Найвищий вміст сульфатів у фільтратах спостерігався із північно-західного боку –  $3716 \text{ мг/дм}^3$ , що перевищує гранично допустимі концентрації ( $500 \text{ мг/дм}^3$ ) у 7,43 рази. У фільтратах біля підніжжя вміст сульфатів становив  $1108 \text{ мг/дм}^3$ , що перевищує гранично допустимі концентрації у 2,21 рази (рис.3).

Найвищий вміст нітратів зафіксовано у фільтратах біля підніжжя сміттєзвалища ( $158,3 \text{ мг/дм}^3$ ), який перевищує гранично допустимі концентрації ( $45 \text{ мг/дм}^3$ ) у 3,52 рази. Вміст нітратів із північно-західного боку сміттєзвалища

(86,3 мг/дм<sup>3</sup>) перевищує гранично допустимі концентрації у 1,92 рази. Найвищий вміст нітритів зафіксовано також у фільтратах біля підніжжя сміттєзвалища (46,3 мг/дм<sup>3</sup>), який перевищує гранично допустимі концентрації (3,3 мг/дм<sup>3</sup>) у 14 разів. Вміст амонію сольового у фільтратах біля підніжжя (92,3 мг/дм<sup>3</sup>) та із північно-західного боку (56,2 мг/дм<sup>3</sup>) сміттєзвалища перевищує допустимі норми (38 мг/дм<sup>3</sup>) у 2,43 та 1,48 рази відповідно (рис. 4).

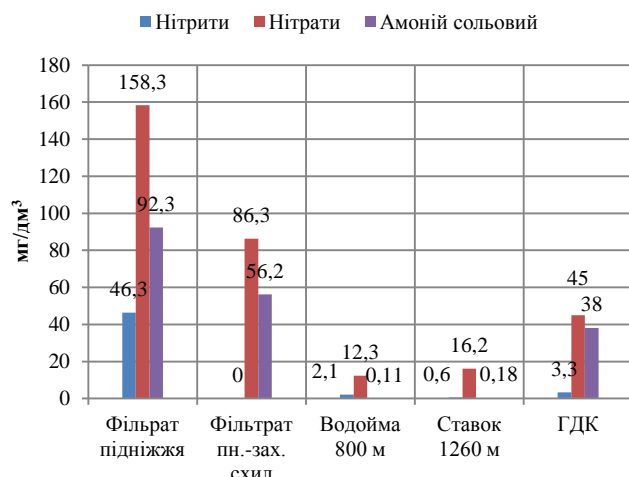


Рисунок 4 – Значення вмісту нітратів, нітритів та амонію сольового у фільтратах Львівського міського сміттєзвалища

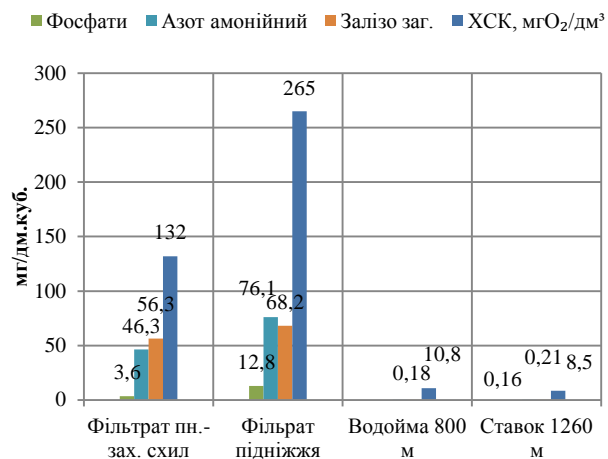
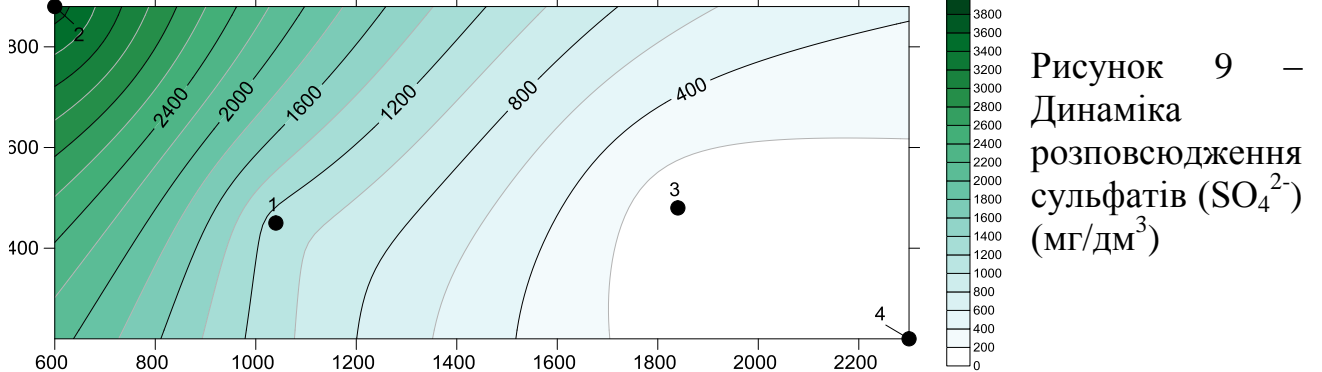
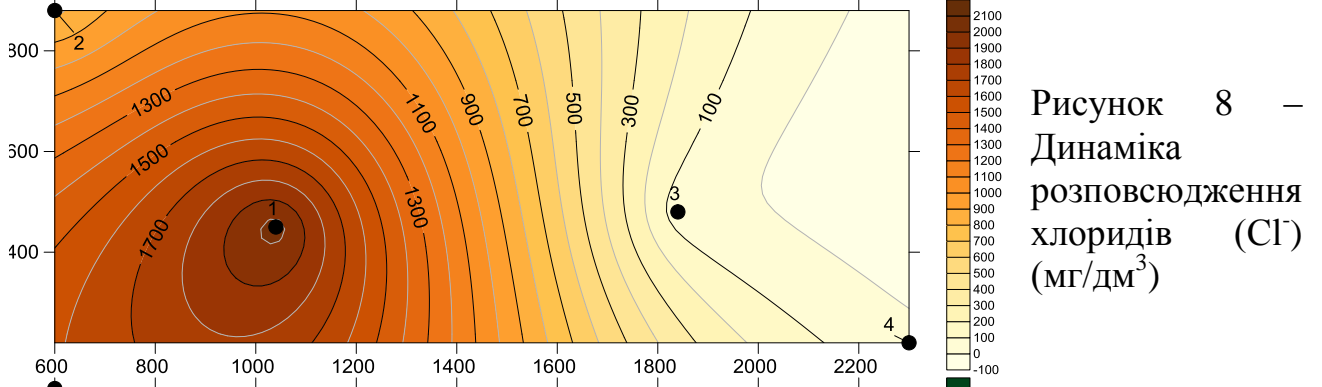
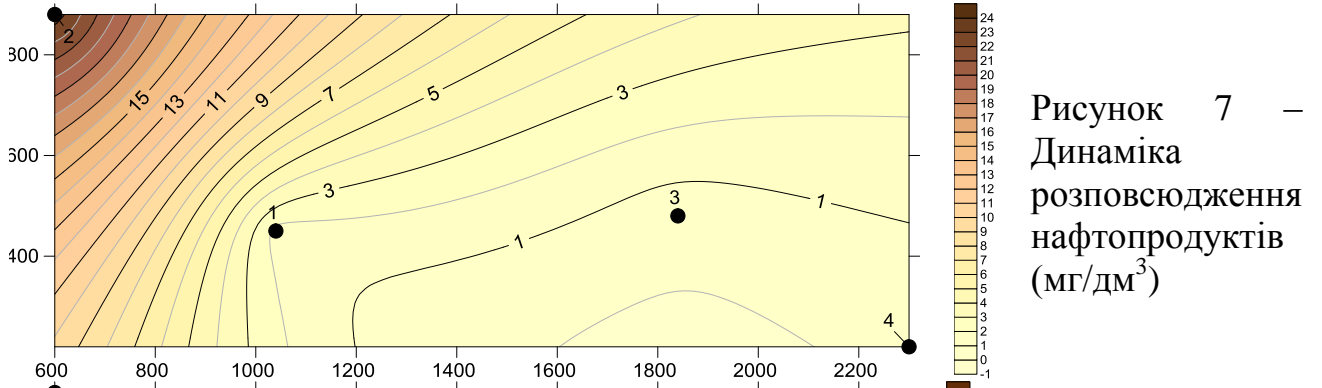
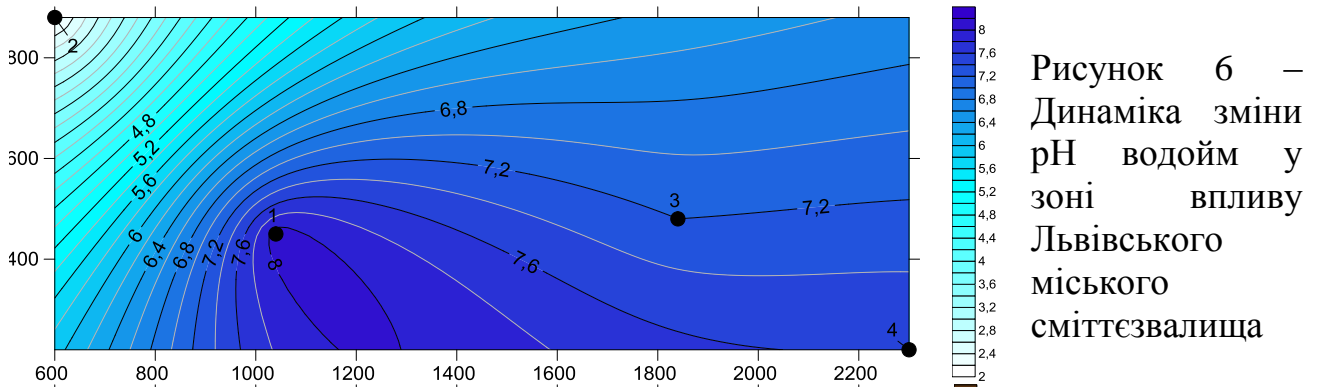


Рисунок 5 – Значення вмісту фосфатів, азоту амонійного, заліза та хімічне споживання кисню у фільтратах Львівського міського сміттєзвалища

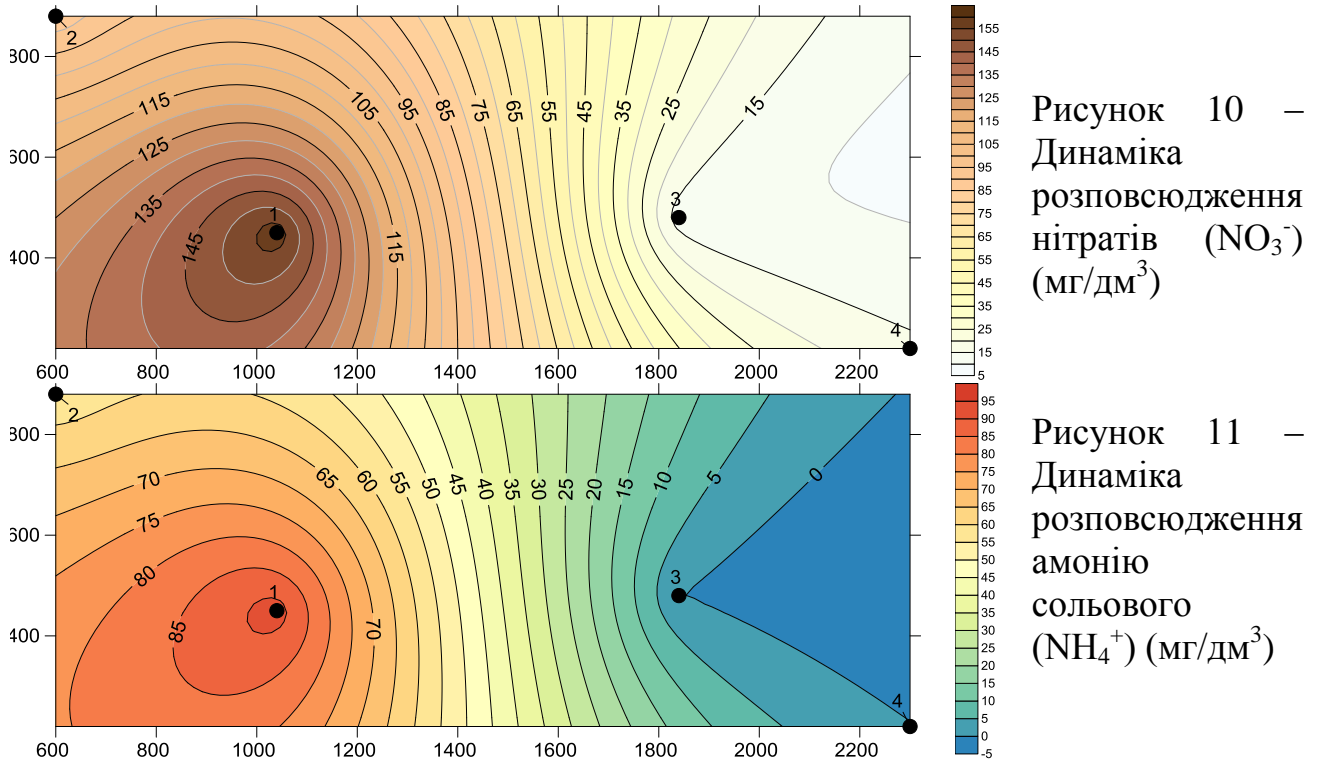
У фільтратах, які накопичуються із північно-західного боку сміттєзвалища, вміст фосфатів становив 3,6 мг/дм<sup>3</sup>. Азот амонійний виявлений в фільтратах у високих концентраціях біля підніжжя (76,1 мг/дм<sup>3</sup>) та із північно-західного боку (46,3 мг/дм<sup>3</sup>), що перевищує гранично допустимі концентрації (30 мг/дм<sup>3</sup>) у 2,53 та 1,54 рази відповідно. Що стосується вмісту в фільтратах заліза загального, то тут найвищі показники притаманні також водоймам, які знаходяться у безпосередній близькості до сміттєзвалища (біля підніжжя – 68,2 мг/дм<sup>3</sup>, із північно-західного боку – 56,3 мг/дм<sup>3</sup>) та перевищують допустимі норми (2,5 мг/дм<sup>3</sup>) у 27,28 і 22,52 рази відповідно. Зважаючи на вищенаведені показники, хімічне споживання кисню (ХСК) у фільтраційних водоймах біля підніжжя сміттєзвалища та із його північно-західного боку є високими (265 мгО/дм<sup>3</sup> та 132 мгО/дм<sup>3</sup> відповідно) за допустимої концентрації 810 мгО/дм<sup>3</sup>. Вміст ХСК у решти фільтратах становив 8,5-10,8 мгО/дм<sup>3</sup> (рис. 5).

Вміст завислих речовин у досліджуваних фільтратах не перевищує гранично допустимі концентрації (380 мг/дм<sup>3</sup>). Загальна твердість фільтратів найвища біля підніжжя сміттєзвалища – 26,4 мг/дм<sup>3</sup>, найнижча – за 1260 м від підніжжя сміттєзвалища (7,3 мг/дм<sup>3</sup>). Карбонатна твердість фільтратів найвища також біля підніжжя сміттєзвалища – 21,6 мг/дм<sup>3</sup>, найнижча – за 1260 м від підніжжя сміттєзвалища (6,7 мг/дм<sup>3</sup>). Значення сухого залишку із північно-західного боку перевищує гранично допустимі концентрації у 7,13 разів. Найвищі значення мінерального залишку (7320 мг/дм<sup>3</sup>), після нагрівання до температури +800°C, спостерігалися для фільтратів, які відібрані із водойми, яка

знаходиться біля підніжжя сміттєзвалища. Найвищий вміст гідрокарбонатів ( $1318 \text{ мг/дм}^3$ ) спостерігалися для фільтратів, які відібрані із водойми, яка знаходиться біля підніжжя сміттєзвалища. На відстані 800 м та 1260 м від підніжжя сміттєзвалища значення гідрокарбонатів є нижчими від решти ділянок більш ніж у 3 рази ( $470 \text{ мг/дм}^3$  і  $409 \text{ мг/дм}^3$  відповідно). У фільтратах біля підніжжя сміттєзвалища вміст суми  $\text{Na}^+$  та  $\text{K}^+$  становила  $2203 \text{ мг/дм}^3$ , із північно-західного боку –  $400 \text{ мг/дм}^3$ , на відстані 800 м та 1260 м від підніжжя –  $64,7 \text{ мг/дм}^3$  і  $38,7 \text{ мг/дм}^3$  відповідно. Міграцію у доквілля деяких небезпечних компонентів фільтратів наведено на рис. 6-11.







Таким чином, найбільш забрудненими фільтратами є водойми, які знаходяться біля підніжжя сміттєзвалища та із північно-західного боку. На відстані 800 м та 1260 м концентрація забруднюючих речовин значно знижується, зате деякі із них перевищують допустимі норми та спричиняють значний техногенний пресинг на довкілля. За умови зміни фізико-хімічних показників фільтратів, які знаходяться біля підніжжя та із північно-західного боку, змінюються показники у водоймах на відстані 800 м і 1260 м від підніжжя сміттєзвалища (коефіцієнт кореляції високий, позитивний  $K > 0,83$ ).

Результати досліджень фільтратів на вміст токсичних компонентів, а також особливості їх міграції у гідросферу спонукають розробити екологічну логістичну систему в основу якої були б покладені заходи захисту довкілля у зоні впливу сміттєзвалищ.

**У четвертому розділі** розглядаються основні заходи знешкодження впливу побутових відходів та сміттєзвалищ на довкілля. Представлено екологічну логістику поводження із відходами у селах, селищах та селянських домогосподарствах та основні складові із її удосконалення, запропоновано заходи знешкодження фільтратів сміттєзвалищ шляхом запровадження систем біоплато.

В наш час у містах відсутня система централізованого збору небезпечних відходів у складі побутових. Це пов'язано насамперед із тим, що система роздільного збору сміття знаходиться на початковій стадії розвитку. Небезпечні відходи разом із рештою потрапляють в один контейнер та транспортуються контейнерним сміттєвозом загального призначення. Таке явище порушує вимоги нормативних документів, які виключають депонування на відкритій території небезпечних речовин. За умови використання централізованої логістичної схеми збір та транспортування небезпечних відходів здійснюється по чергово у кожному із адміністративних районів (рис. 12).

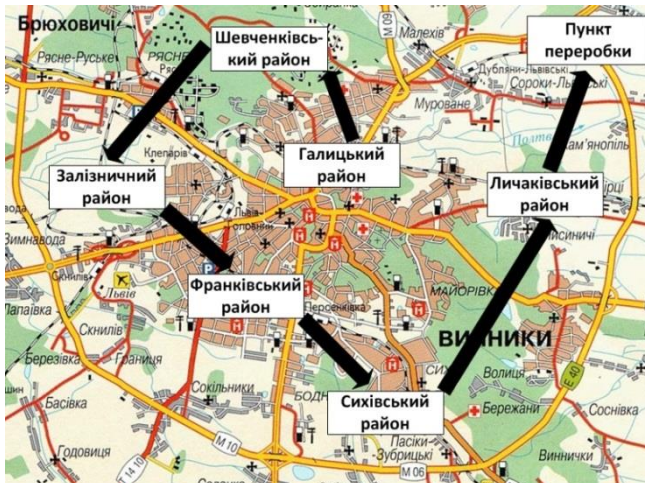


Рисунок 12 – Централізована схема транспортування небезпечних побутових відходів



Рисунок 13 – Децентралізована схема транспортування небезпечних побутових відходів

Основними перевагами такого способу транспортування є низький рівень залучення техніки, економічність. Недоліками цієї схеми є почергове накопичення небезпечних речовин та матеріалів в одному транспортному засобі. У децентралізованій схемі транспортування небезпечних побутових відходів залучається додаткова кількість транспортних засобів (як мінімум 1 на адміністративний район) (рис. 13). Недоліками цієї схеми є накопичення значної маси небезпечних відходів у визначеному місці та необхідність перевантаження на більш ємнісний транспортний засіб (транспортний сміттєвоз). Перевагами такого способу транспортування є нижчий ризик виникнення надзвичайної ситуації внаслідок транспортування небезпечних речовин та матеріалів у межах одного адміністративного району.

У відповідності до підходів поводження із побутовими відходами на рівні села, селища та приватного селянського домогосподарства встановлено ієрархічні рівні: задовільний, ризикований, критичний. Задовільний рівень притаманний селищам міського типу, ризикований – селам, критичний – приватним селянським домогосподарствам (рис. 14).

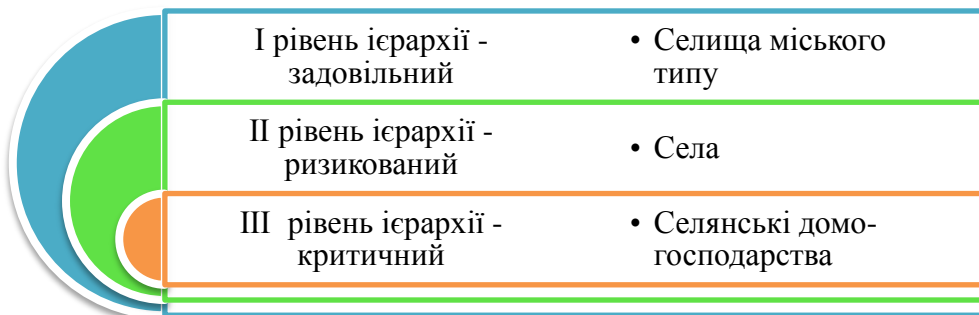


Рисунок 14 – Ієрархічні рівні поводження із побутовими відходами у сільській місцевості

Критичний (найнижчий) рівень – спостерігається у сільських приватних домогосподарствах, де окрім проблеми накопичення та утилізації побутових відходів існує проблема поводження із екскрементами. Небезпекою є відсутність моніторингу за поводженням з відходами. Спостерігаються численні

випадки спалювання побутового сміття на відкритій території приватних домогосподарств та скидання стічних вод у струмки та річки (рис. 15).



Рисунок 15 – Екологічна логістика поводження із побутовими відходами у селянських домогосподарствах (критичний рівень)

Розроблена логістична система поводження із відходами у сільській місцевості висвітлює вплив підходів утилізації сміття на регіональну екологічну безпеку. У сільській місцевості побутові відходи складують, спалюють та відправляють на переробку в незначній кількості. Спостерігається відсутність спеціального рухомого складу для транспортування побутових відходів (рис.16).

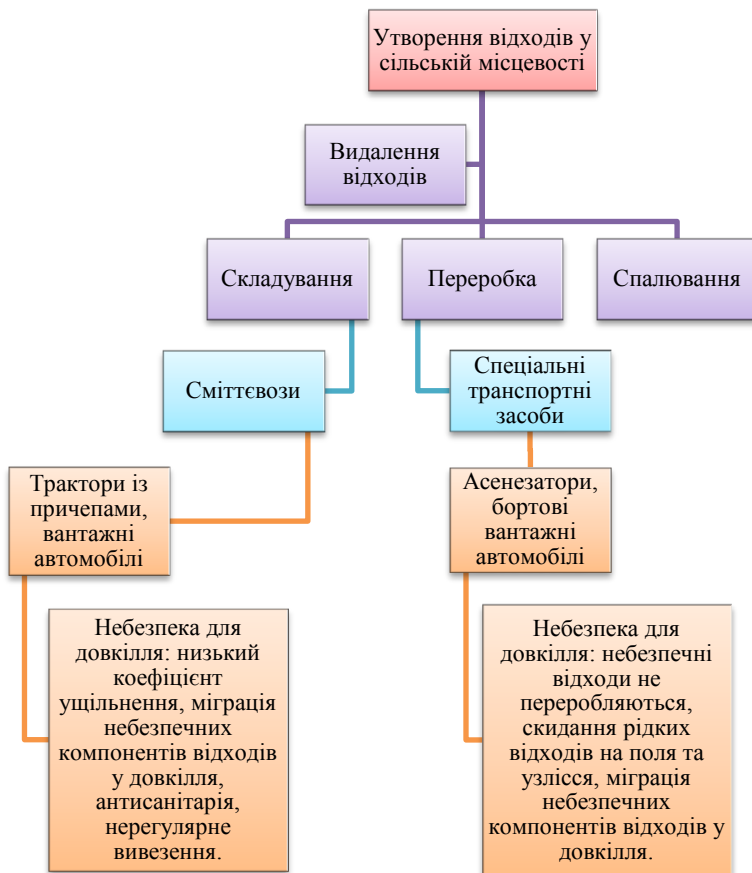


Рисунок 16 – Логістична система поводження із відходами у сільській місцевості та її вплив на регіональну екологічну безпеку (сучасний стан)

Безумовно, що існуючі підходи поводження із побутовими відходами є неприйнятними, оскільки значна частина забруднюючих речовин потрапляє у



гідросферу, літосферу та біогеоценоз. Одним із засобів охорони довкілля в зоні впливу сміттєзвалищ від токсичних компонентів фільтратів є спорудження систем біоплато, які широко використовуються для очищення різноманітних стічних вод (у США, Нідерландах, Японії, Китаю, Норвегії, Австралії та ін.). Розрахунки біоплато (за Kadlec R. H., 2009) проводилися за такою залежністю:

$$S = \frac{Q}{k \cdot \ln \frac{C_i - C^*}{C_e - C^*}}; \quad (11)$$

де,  $S$  – площа біоплато,  $\text{м}^2$ ;  $Q$  – витрата стічних вод,  $\text{м}^3/\text{день}$  (для Львівського сміттєзвалища  $70\text{-}300 \text{ м}^3/\text{день}$  (за Волошиним П., 2012));  $k$  – константа для розрахункового показника (БСК<sub>5</sub> –  $0,09 \text{ м/день}$ ; завислі речовини –  $2,7 \text{ м/день}$ ; заг. азот –  $0,06 \text{ м/день}$ ; орг. азот –  $0,047 \text{ м/день}$ ; нітрати –  $0,096 \text{ м/день}$ ; амоній сольовий –  $0,049 \text{ м/день}$ );  $C_i$  – початкова концентрація,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ;  $C_e$  – необхідна концентрація,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ;  $C^*$  – фонові концентрація,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ .

Розраховані площі горизонтального біоплато для різних значеннях продуктивності виділення фільтратів ( $Q$ ) Львівського міського сміттєзвалища наведені на рис. 17.

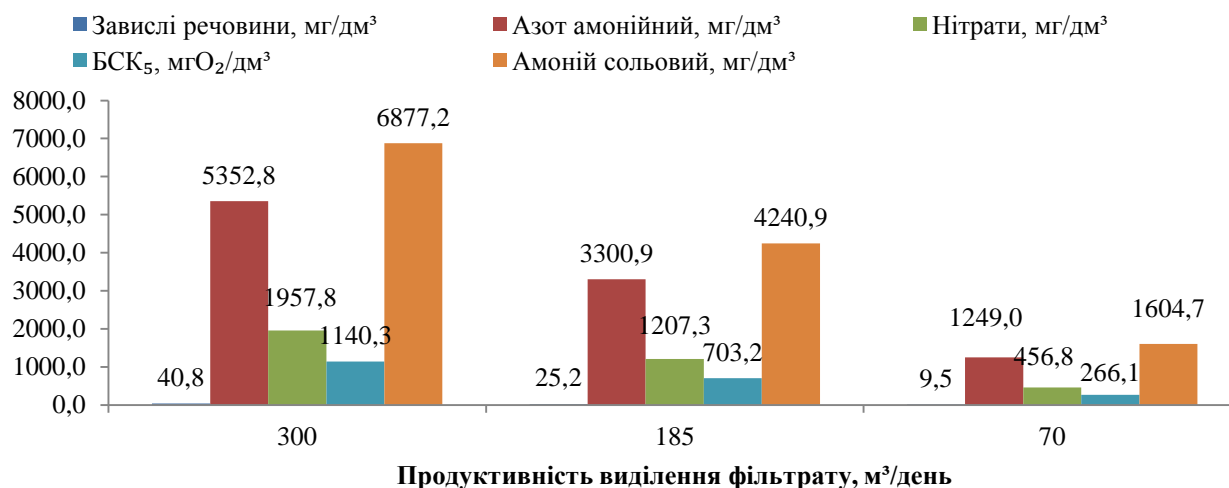


Рисунок 17 – Розрахункові площі біоплато для різної продуктивності виділення фільтратів ( $\text{м}^2$ ) для Львівського міського сміттєзвалища

Встановлено, що екологічна логістична система поводження з відходами на регіональному рівні повинна враховувати чотири рівні. На першому рівні необхідно організувати збір побутових відходів у три типи контейнерів: I тип – контейнер для загального збирання відходів (харчові відходи); II тип – контейнери для роздільного збирання побутових відходів (папір, полімери, скло, текстиль); III тип – контейнери для збирання небезпечних відходів, які входять до складу твердих побутових (аккумуляторні батареї, люмінесцентні лампи, лакофарбові відходи). Другий рівень поводження із побутовими відходами повинен включати організацію експлуатації спеціальних транспортних засобів, які забезпечують транспортування відходів у залежності від видів. Третій рівень поводження із побутовими відходами на регіональному рівні передбачає сортування (за умови загального збору), вторинну переробку (за умови роздільного збору) та знешкодження (небезпечних відходів).

Четвертий рівень передбачає захоронення побутових відходів (не токсичних) на сміттєзвалищах (не прийнятний захід, проте, найбільш традиційний в умовах сьогодення), компостування (харчові відходи, опале листя) та відправлення на повторну переробку (відходи, які потрапили до контейнера та були відсортовані на III рівні). Загальну схему підвищення ефективності екологічної логістичної системи поводження з відходами на регіональному рівні наведено на рис. 18.

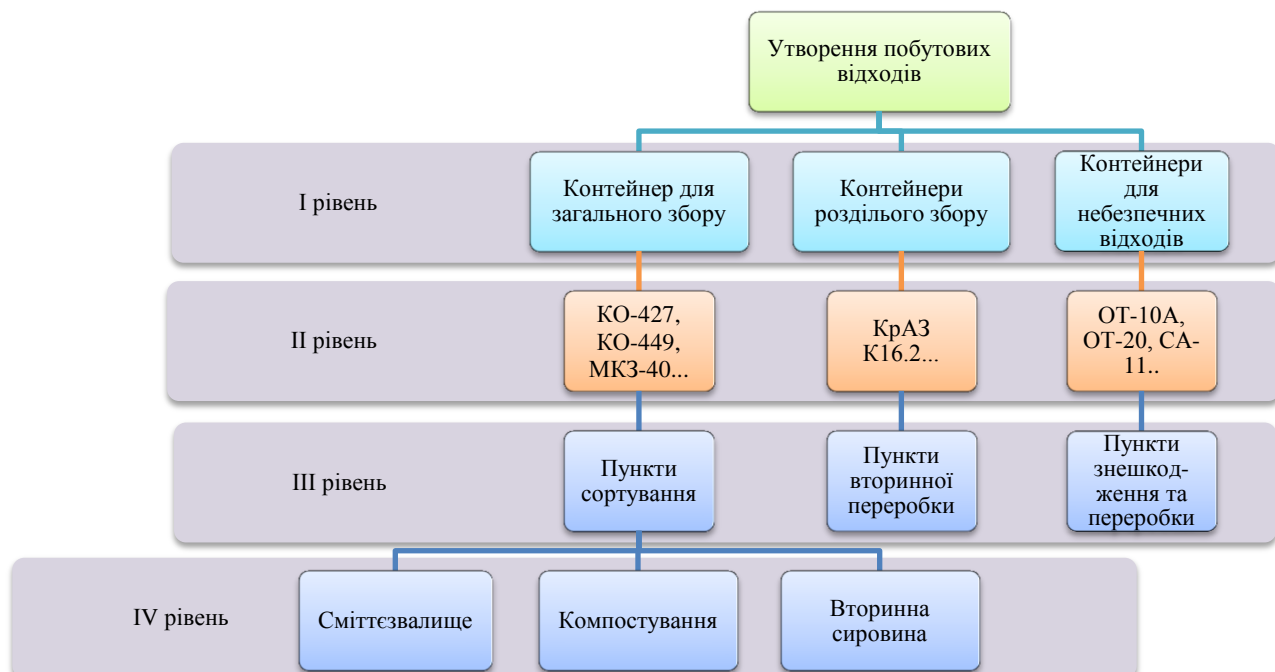


Рисунок 18 – Підвищення ефективності екологічної логістичної системи поводження з відходами (регіональний аспект)

Спостерігається, що у системі регіональної екологічної безпеки поводження із відходами виділяються ієрархічні структурні підрозділи – місцева екологічна безпека та об'єктова екологічна безпека (рис. 19). Симбіоз цих двох складових визначають екологічну безпеку регіону.

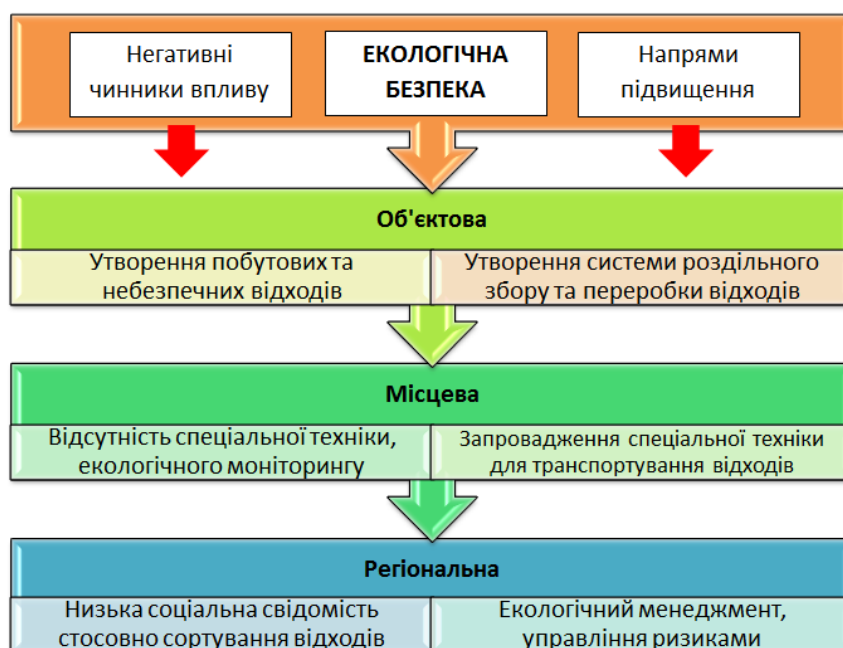


Рисунок 19 – Структура регіональної екологічної безпеки

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі представлено результати експериментальних досліджень та теоретичних узагальнень екологічно безпечного збору, транспортування та знешкодження твердих побутових відходів на регіональному рівні. Досліджено фактичний стан функціонування екологічних систем поводження із побутовими відходами на рівні сіл, селищ та приватних селянських домогосподарств. Встановлено, що у системі регіональної екологічної безпеки поводження із відходами виділяються ієрархічні структурні підрозділи – місцева екологічна безпека та об'єктова екологічна безпека. Слід зауважити, що саме симбіоз цих двох складових визначають екологічну безпеку регіону. Запропоновані заходи підвищення регіональної екологічної безпеки шляхом удосконалення логістичної системи поводження з відходами, яка повинна враховувати чотири ієрархічні рівні.

1. Рівень екологічної небезпеки побутових відходів зростає внаслідок низької соціальної та культурної поведінки людей та призводить до низького рівня використання вторинних ресурсів.

2. Внаслідок недосконалого відпрацювання механізмів щодо поводження із побутовими відходами, всі розпорядження та дії, які здійснюються на регіональному та місцевому рівнях, впроваджуються не в повній мірі. Наслідками таких дій є складування побутових відходів на сміттєзвалищах, що призводить до зниження рівня екологічної безпеки регіонів.

3. На прикладі Львівського міського сміттєзвалища встановлено, що найбільше токсичних компонентів накопичується у фільтратах, які утворюються біля підніжжя. Вміст небезпечних речовин у водоймах зменшується на відстані 800 м та більше від підніжжя сміттєзвалищ. Обґрунтовано, що для зниження токсичності фільтратів в умовах раціональним є впровадження системи біоплато.

4. У відповідності до підходів щодо поводження із побутовими відходами на рівні села, селища та приватного селянського домогосподарства встановлені ієрархічні рівні: задовільний, ризикований, критичний. Необхідністю для населених пунктів є запровадження ефективного рухомого складу, сміттєсортувальних ліній та заводів переробки відходів.

5. Найбільш ваговою складовою ланкою у екологічній системі поводження із відходами є залучення ефективного рухомого складу. Найкращі показники загальної експлуатаційно-технічної характеристики транспортних засобів для перевезення небезпечних відходів у складі побутових належать: за питомою масою спеціального обладнання спецавтомобілю – КрАЗ К16.2 – 0,4 т; за питомою потужністю двигуна – ОТ-20(ISUZU NQR 71P) – 30,7 кВт; за коефіцієнтом компактності – ОТ-20(ЗІЛ-433360) – 3,04. Найвищою є середньорічна продуктивність для ОТ-20(ЗІЛ-433360), яка складає 96780,2 т км/рік.

6. Вибираючи найбільш оптимальний рухомий склад слід звернути увагу на першочергові вимоги, які необхідно дотримувати на «вході» до екологічної логістичної системи (відповідність поставленим завданням): належні технічні характеристики, екологічна та радіаційна безпека, ергономічність, економічність, безвідмовність, безпека експлуатації. На «виході» із екологічної

логістичної системи (вимоги населення до ефективного збирання відходів спецтехнікою) транспортні засоби повинні мати високі показники дальності транспортування; середньорічної продуктивності; безпеки водія; коефіцієнту компактності; питомої маси спецобладнання; питомої потужності двигуна.

7. Екологічна логістична система поводження із відходами на регіональному рівні повинна враховувати чотири рівні. На першому рівні необхідно організувати збір побутових відходів у три типи контейнерів: I тип – контейнер для загального збирання відходів; II тип – контейнери для роздільного збирання побутових відходів; III тип – контейнери для збирання небезпечних відходів, які входять до складу твердих побутових. Другий рівень поводження із побутовими відходами повинен включати організацію експлуатації спеціальних транспортних засобів. Третій рівень поводження із побутовими відходами на регіональному рівні передбачає сортування, вторинну переробку та знешкодження небезпечних відходів, які виявлені у складі побутових. Основною проблемою регіонів щодо дотримання умов запропонованого третього рівня є нестача вищенаведених установок. Четвертий рівень передбачає захоронення побутових відходів (не токсичних) на сміттєзвалищах, компостування (біогенні відходи) та відправлення на повторну переробку.

8. У системі регіональної екологічної безпеки поводження із відходами виділяються ієрархічні структурні підрозділи – місцева екологічна безпека та об'єктова екологічна безпека. Місцева та об'єктова складові екологічної безпеки мають практичне вирішення, а регіональна екологічна безпека поводження із відходами потребує теоретичного обґрунтування та вирішення.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Статті у наукових закордонних періодичних виданнях:*

1. **Попович Н.** Нормативно-правове забезпечення діяльності органів державної санітарно-епідеміологічної служби в сфері обробки відходів. *Leges si viatae: publicatioe stiintifico-practica*. 2017. № 5/2(305). Р. 103-106.

### *Статті у наукових фахових виданнях України, які входять до міжнародної наукометричної бази даних Index Copernicus International:*

2. Попович В. В., Придатко О. В., Сичевський М. І., **Попович Н. П.**, Панасюк М. А. Ефективність експлуатації сміттєвозів у середовищі "місто – сміттєзвалище". *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2017. Вип. 27(10). С. 73–76.

*Особистий внесок – розрахунок параметрів ефективності експлуатації рухомого складу.*

3. **Попович Н. П.** Системний підхід до нормативно-правового регулювання сфери поводження з твердими побутовими відходами. *Науковий журнал: «Право і суспільство»*. 2017. № 3. С. 158-164.

4. **Попович Н. П.**, Мальований М. С., Попович В. В. Ефективність експлуатації спеціальної техніки для транспортування небезпечних відходів у складі побутових. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2018. Т. 28, №3. С. 111-116.

*Особистий внесок – узагальнення даних статистичного аналізу та параметрів рухомого складу.*

#### **Статті у наукових фахових виданнях України:**

5. Попович В. В., **Попович Н. П.**, Бучковський А. І. Логістична система транспортування небезпечних відходів в умовах міста. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2013. №8. С. 166-171.

*Особистий внесок – аналіз та розробка логістичних схем.*

6. Попович В. В., **Попович Н. П.**, Кравчук М. М. Критерії вибору транспортних засобів для перевезення небезпечних (радіоактивних) відходів. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2014. Вип. 24.1. С. 171-177.

*Особистий внесок – розрахунок параметрів ефективності експлуатації та безпеки рухомого складу.*

7. **Попович Н. П.**, Мальований М. С., Попович В. В. Підвищення регіональної екологічної безпеки шляхом удосконалення логістичної системи поводження з відходами. *Науково-практичний журнал: «Екологічні науки»*. 2018. №1(20), Т.2, С.11-14.

*Особистий внесок – розроблення принципової технологічної схеми поводження із відходами на регіональному рівні.*

8. **Попович Н. П.**, Мальований М. С., Попович В. В. Екологічна логістика поводження із відходами у селах, селищах та селянських домогосподарствах. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2018. №17. С.102-110.

*Особистий внесок – розробка логістичних ланцюгів поводження із відходами на різних рівнях ієрархії.*

9. Popovych N., Malyovanyu M., Telak O., Voloshchyshyn A., Popovych V. Environmental hazard of uncontrolled accumulation of industrial and municipal solid waste of different origin in Ukraine. *Environmental problems*. 2018. №1. P. 53-58.

*Особистий внесок – статистичний аналіз даних про утворення відходів.*

#### **Статті у інших виданнях України:**

10. **Попович Н. П.** Адміністративна відповідальність за порушення законодавства про екологічну експертизу. *Науковий вісник Львівського державного університету внутрішніх справ*. 2016. Вип. 3. С. 204-213.

11. **Попович Н. П.** Поняття та особливості юридичної відповідальності за порушення законодавства про поводження з відходами. *Науковий вісник Львівського державного університету внутрішніх справ*. 2016. Вип. 4. С. 131-140.

12. **Попович Н. П.** Поняття та зміст адміністративно-юрисдикційної діяльності у сфері поводження з відходами. *Порівняльно-аналітичне право*. 2017. №1. С. 182-186.

### *Матеріали конференцій та круглих столів:*

1. **Попович Н. П.** Аналіз нормативно-правових актів у сфері поводження із побутовими відходами в Україні. *Зб. тез доп. XIV Міжнар. наук.-практ. конф. «Проблеми екологічної безпеки»*, 12-14 жовтня 2016 р. Кременчук: КрНУ, 2016. С. 90.

2. **Попович Н. П.** Зміст нормативно-правових актів у сфері поводження із відходами. *Proceedings of 1st International Scientific Conference “New Horizons: Achievements of Various Branches of Science”*. Morrisville: Lulu Press., 2016. С. 15.

3. **Попович Н. П.** Особливості нормативно-правового регулювання поводження із небезпечними відходами. *Матер. I Міжнар. наук.-практ. конф. студ. та молодих вч. «Перші кроки в науку»*, 26 січня 2017 р. Краматорськ: «Універсум», 2017. С. 96-98.

4. **Попович Н. П.** Генезис нормативно-правових актів Європейського союзу в сфері поводження із відходами. *Proceedings of II International Scientific Conference «World Science in 2016: Results»*, Jan 26, 2017. Morrisville: Lulu Press., 2017. С. 119-121.

5. **Popovych N.** Normative and legal regulation of waste management: European experience. *Legal and law enforcement activity: European experience and Ukrainian reality*, March 31, 2017. Lviv: Lviv State University of Internal Affairs. 2017. P. 98-101.

6. **Попович Н. П.** Аналіз нормативно-правових актів, які регулюють порядок експлуатації полігонів твердих побутових відходів. *Матер. V Міжнар. наук.-практ. конф. «Суспільні науки: невирішені питання»*, 22 квітня 2017 р. Краматорськ: «Універсум», 2017. С. 131-133.

7. Попович В. В., Волощишин А. І., **Попович Н. П.** Теоретичні та практичні аспекти екологічної логістики відходів. *Матер. III Круглого столу «Стратегія екологічної безпеки України: соціально-економічний та правовий вимір»*, 11 травня 2018 р. Львів: «Посвіт», 2018. С. 57-61.

*Особистий внесок – оцінка перспектив використання логістичних ланцюгів при поводженні із відходами.*

### **АНОТАЦІЯ**

*Попович Н. П.* Екологічно безпечний збір, транспортування та знешкодження твердих побутових відходів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека» (101 «Екологія»). – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій, Львів, 2019.

Дисертаційна робота присвячена дослідженням екологічно безпечного збору, транспортування, та знешкодження твердих побутових відходів і

основним складовим екологічного менеджменту поводження із побутовими відходами на регіональному рівні, аналізу системи заходів з метою підвищення ефективності функціонування існуючих підходів поводження з побутовими відходами.

Вивчення особливостей екологічного менеджменту поводження із відходами на регіональному рівні, дослідження ефективності експлуатації рухомого складу, підвищення ефективності функціонування логістичних систем поводження із відходами, встановлення рівнів екологічної небезпеки дозволять запровадити новітні форми поводження із відходами та сприятимуть підвищенню екологічної безпеки регіону.

У результаті проведених досліджень ефективності використання сміттєвозів встановлено, що найкращі показники загальної експлуатаційно-технічної характеристики транспортних засобів для перевезення небезпечних відходів у складі побутових належать: за питомою масою спеціального обладнання спецавтомобілю – КрАЗ К16.2 — 0,4 т; за питомою потужністю двигуна – ОТ-20(ISUZU NQR 71P) — 30,7 кВт; за коефіцієнтом компактності – ОТ-20(ЗІЛ-433360) — 3,04. Найвищою є середньорічна продуктивність для ОТ-20(ЗІЛ-433360) і складає 96780,2 т км/рік.

Логістичні схеми транспортування небезпечних відходів у складі твердих побутових передбачають централізований та децентралізований підходи. Відсутність сміттєпереробних заводів, підприємств з утилізації небезпечних відходів у складі побутових та занепад і нестача спеціальних транспортних засобів у сільській місцевості збільшують рівень регіональної екологічної небезпеки. У відповідності до підходів поводження із побутовими відходами на рівні села, селища та приватного селянського домогосподарства встановлено ієрархічні рівні: задовільний, ризикований, критичний.

Встановлено, що найбільше токсичних компонентів зосереджено у фільтратах біля підніжжя сміттєзвалищ. Для зниження негативних чинників фільтратів слід запроваджувати системи біоплато.

Розроблена логістична система поводження із відходами у сільській місцевості висвітлює вплив підходів утилізації сміття на регіональну екологічну безпеку. Екологічна логістична система поводження з відходами на регіональному рівні повинна враховувати чотири рівні – контейнерний роздільний збір, збір відходів у спеціальні транспортні засоби, пункти сортування і переробки, захоронення та переробку (кінцевий). Вимоги до спеціальної техніки, яка транспортує побутові та небезпечні відходи на «вході» та «виході» екологічної логістичної системи повинні забезпечувати безпеку особовому складу, санітарно-епідеміологічну та екологічну безпеку.

Встановлено, що у системі регіональної екологічної безпеки поводження із відходами виділяються ієрархічні структурні підрозділи – місцева екологічна безпека та об'єктова екологічна безпека. Слід зауважити, що саме симбіоз цих двох складових визначають екологічну безпеку регіону.

**Ключові слова:** екологічна безпека, побутові відходи, екологічна небезпека, сміттєвоз, спеціальна техніка, сміттєзвалище, фільтрат, рециклінг.

## SUMMARY

*Popovych N. P.* Environmentally safe collection, transportation and disposal of solid household waste. – Manuscript.

Thesis for the Candidate Degree in Technical Sciences (doctor of philosophy): Speciality 21.06.01 "Environmental safety" (101 "Ecology"). - Lviv State University of Life Safety, The State Emergency Service of Ukraine, Lviv, 2019.

The dissertation researches ecologically safe collection, transportation, and disposal of solid household waste and the main components of environmental management of household waste handling at the regional level, analysis of the system of measures for improvement of functioning efficiency of existing approaches to household waste handling.

The research of the features of environmental management of waste handling at the regional level, the investigation of the efficiency of rolling stock operation, the increase of the efficiency of logistics waste management systems, and the determination of ecological hazards will give the opportunity to introduce new forms of waste management and improve the environmental safety in the region.

As a result of the research on the efficiency of the garbage trucks use, the best indicators of the general operational and technical characteristics of vehicles for the transportation of hazardous waste as a part of the household waste is defined as follows: by the specific weight of special vehicles is KrAZ K16.2 - 0.4 tons; by the specific power of the engine - OT-20 (ISUZU NQR 71P) - 30,7 kW; by volume-to-size ratio - OT-20 (ZIL-433360) – 3.04. OT-20 (ZIL-433360) has the highest annual average productivity of 96780.2 t km/year.

Logistic schemes for the transport of hazardous waste as part of solid households provide centralized and decentralized approaches. The lack of waste recycling plants, hazardous household waste utilization enterprises and the breakdown and the lack of special vehicles in non-urban areas increase the level of regional environmental hazard. In accordance with the approaches to household waste management in non-urban areas hierarchical levels are set: satisfactory, risky, critical.

It is determined that the most toxic components are concentrated in the filtrate at the foot of the landfills. In order to reduce the negative factors of filtrate, bioplateau systems should be introduced.

The proposed logistic system of waste management in non-urban areas highlights the impact of garbage handling approaches on regional ecological safety. The ecological logistics system of waste management at the regional level should take into account four stages - container separate collection, collection of waste in special vehicles, units of sorting and processing, dumping and recycling (final). Requirements for special vehicles transporting household and hazardous waste at the "entry" and "exit" of the ecological logistics system should ensure the safety of personnel as well as sanitation&epidemiological and environmental safety.

It has been established that in the system of regional ecological safety of waste management, hierarchical structural units of local environmental safety and facility environmental safety are allocated. It should be noted that the symbiosis of these two components determines the ecological safety of the region.

**Keywords:** environmental safety, municipal solid waste, environmental hazard, garbage truck, special vehicles, municipal landfill, filtrate, waste recycling.



