МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

КОВАЛЬ ІРИНА ІГОРІВНА

УДК 628.4:502.1

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНУ ІНТЕГРОВАНОЮ СИСТЕМОЮ УПРАВЛІННЯ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ

21.06.01 – Екологічна безпека

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Львів − 2019

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі екологічної безпеки та природоохоронної діяльності Національного університету "Львівська політехніка" Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Погребенник Володимир Дмитрович,
Національний університет "Львівська політехніка",
професор кафедри екологічної безпеки та природоохоронної діяльності, м. Львів

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
Заслужений природоохоронець України
Петрук Василь Григорович,
Вінницький національний технічний університет,
директор Інституту екологічної безпеки та моніторингу довкілля, м. Вінниця

кандидат технічних наук, доцент
Леськів Галина Зіновіївна,
Львівський державний університет внутрішніх справ,
в. о. завідувача кафедри менеджменту, м. Львів

Захист дисертації відбудеться "27" червня 2019 р. о 12 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.052.22 в Національному університеті "Львівська політехніка" за адресою: 79057, м. Львів, вул. Генерала Чупринки, 130, аудиторія 105.

З дисертацією можна ознайомитися у науково-технічній бібліотеці Національного університету "Львівська політехніка" за адресою: 79013, м. Львів, вул. Професорська, 1.

Автореферат розіслано "27" травня 2019 р.

Учений секретар спеціалізованої
вченої ради К 35.052.22,
к. т. н., доц. В.В. Сабадаш

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В Україні однією з найважливіших і найактуальніших проблем забруднення довкілля є неконтрольоване накопичення відходів, їх захоронення на полігонах побутових відходів, більшість з яких є перевантаженими. Зараз налічується 6,5 тисяч санкціонованих і близько 35 тисяч стихійних сміттєзвалищ, загальною площею біля 7 % території проти 4,5 % площі території природних заповідників. Ситуація з кожним роком погіршується. Нині накопичено 54 млн. м³ відходів; щороку сміттєві полігони поповнюються приблизно на 11 мільйонів тон. На перероблення йде лише десята частина зібраного сміття. Неконтрольоване накопичення відходів та відсутність рекультивації Львівського полігону побутових відходів призвели до екологічної катастрофи.

У світі існує удосталь способів збору, перероблення побутових відходів (ПВ) та ефективних систем управління ними, проте їх використання в Україні практично не можливе, оскільки Україна має свої місцеві особливості щодо економіки, менталітету, розвитку інфраструктури та ін.

Питання впливу сміттєзвалищ на довкілля у своїх працях розглядали Я. Адаменко, С. Азаров, Т. Бастригіна, О. Бондар, Ю. Голік, М. Гомеля, Я. Гумницький, Ю. Зеленько, В. Іщенко, С. Кривенко, Г. Крусір, Г. Леськів, Г. Лисиченко, О. Машков, М. Мальований, В. Міщенко, Н. Новохацька, В. Петрук, І. Петрушка, Л. Пляцук, В. Попович, О. Трофимчук, В. Радовенчик, Г. Рудько, Т. Сафранов, Я. Семчук, Т. Шаніна, В. Шаравара, В. Шмандій, В. Юрченко та ін.

В Україні зараз не існує інтегрованої системи управління ПВ, тому актуальним науково-практичним завданням є розроблення такої системи на регіональному рівні.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження здійснювалося в рамках виконання кафедральної науково-дослідної роботи (номер державної реєстрації 0117U004014) "Методи та засоби підвищення екологічної безпеки техногенних об'єктів регіонів" (2017–2020 рр., виконавець), кафедральної науково-дослідної роботи "Оптимізація екологічного стану територій внаслідок забруднення навколишнього середовища важкими металами" (номер державної реєстрації 0112U000795) (2012-2016 рр., виконавець) та бюджетної теми ДБ/Еколог (номер державної реєстрації 0114U004313) "Розроблення вимірювальних засобів та нових методів оперативного контролю інтегральних параметрів забруднення водних середовищ" (2 кв. 2014 р. – 4 кв. 2015 р., виконавець).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційного дослідження є підвищення рівня екологічної безпеки регіону інтегрованою системою управління побутовими відходами.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

– дослідити стан та тенденції розвитку методів та систем управління побутовими відходами;

– здійснити моделювання регіональної інтегрованої системи управління побутовими відходами;

– розробити класифікацію опаковальних відходів;

– виконати аналіз впливу на довкілля Львівського полігону побутових відходів;

– обґрунтувати підходи до сортування побутових відходів на регіональному та локальному рівнях;

– запропонувати метод підвищення точності вимірювання концентрації речовин;

– розробити методи побудови регіональної інтегрованої системи управління побутовими відходами на основі сучасних геоінформаційних технологій.

Об'єкт дослідження – процеси впливу побутових відходів на стан довкілля регіону.

Предмет дослідження – підвищення рівня екологічної безпеки регіону інтегрованою системою управління побутовими відходами.

Методи досліджень.

Для досягнення визначеної мети та розв'язання поставлених завдань використано теоретичні й експериментальні методи. Серед *теоретичних* методів використовувались методи аналізу і синтезу для узагальнення літературних джерел та виявлення основних напрямків досліджень. Методом *моделювання* створено математичні моделі для побудови інтегрованої системи управління відходами, визначення екологічних показників довкілля. *Експериментальні дослідження* виконували в польових та лабораторних умовах, останні з використанням рентгенофлюоресцентного методу. Формалізація результатів моделювання проводилася з використанням програмно-функціонального забезпечення MS Excel, Google Earth. Методи *математичної статистики* застосовували для опрацювання одержаних експериментальних даних, оцінювання їх достовірності та відтворюваності, визначення результатів експериментального дослідження, зокрема, для дослідження динаміки поширення елементного складу у ґрунтах.

Наукова новизна одержаних результатів:

– розроблено математичні моделі інтегрованої системи управління побутовими відходами на основі її декомпозиції та матричних рівнянь показників якості середовища, що уможливило створення геореляційної бази даних;

– уперше розроблено класифікацію опаковальних відходів, що дало змогу узагальнити інформацію про опакування та запропонувати альтернативні підходи щодо їх мінімізації у складі ПВ;

– уперше встановлено за допомогою рентгенофлуоресцентного методу елементний склад ґрунтів території Львівського полігону побутових відходів та визначено коефіцієнти їх забруднення такими важкими металами: Цинк (Zn); Манган (Mn); Стронцій (Sr); Кадмій (Cd), а також закономірності розподілу концентрації забруднень поверхневих і підземних вод в зоні впливу полігону, що дало змогу обґрунтовано вибирати стратегію управління ПВ з метою мінімізації рівня екологічної небезпеки;

– уперше запропоновано новий метод вимірювання концентрації речовин, який полягає у випромінюванні та прийманні імпульсного ультразвукового сигналу в контрольовану та *n* еталонних речовин, вимірюванні різниці часів поширення ультразвукових сигналів в еталонних речовинах, в контрольованому та двох еталонних речовинах, який характеризується високою точністю;

– уперше розроблено метод побудови регіональної інтегрованої системи управління ПВ на основі геоінформаційних технологій, що охоплює аналіз, систематизацію, зберігання та опрацювання інформації про характеристики забруднення довкілля, об'єктів утворення і перероблення відходів, статистичну та регіональну інформацію про відходи, моделювання та прогнозування їх забруднень, процес ухвалення рішень, що дасть змогу значно підвищити рівень екологічної безпеки регіону.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблено класифікацію опаковальних відходів за джерелами утворення, призначенням, типом матеріалу, розмірами тощо. Вона є ефективним інформаційним засобом для сортування, перероблення та утилізації ПВ. Розроблено рекомендації щодо покращення екологічного стану територій, прилеглих до Львівського полігону ПВ та запропоновано заходи щодо покращення їх стану. Обґрунтовано підходи до сортування побутових відходів на регіональному та локальному рівнях. Розроблено рекомендації щодо покращення екологічного стану територій, прилеглих до Львівського полігону ПВ. Запропоновано схему регіональної інтегрованої системи управління відходами, яку спрямовано на реалізацію заходів щодо підвищення рівня екологічної безпеки регіону.

Практичні рекомендації щодо інтегрованого управління відходами використано у Державній екологічній інспекції Львівської області, Департаменті екології природних ресурсів Львівської облдержадміністрації та на рівні окремих житлових комплексів міста Львова. Наукові та практичні результати дисертаційної роботи впроваджено в кафедральну науково-дослідну роботу "Методи та засоби підвищення екологічної безпеки техногенних об'єктів регіонів" (номер державної реєстрації 0117U004014), кафедральну науково-дослідну роботу "Оптимізація екологічного стану територій внаслідок забруднення навколишнього середовища важкими металами" (номер державної реєстрації 0112U000795), бюджетну тему ДБ/Еколог "Розроблення вимірювальних засобів та нових методів оперативного контролю інтегральних параметрів забруднення водних середовищ" (номер державної реєстрації 0114U004313), та у навчальний процес за спеціальністю 183 "Технології захисту навколишнього середовища" на кафедрі екологічної безпеки та природоохоронної діяльності Національного університету "Львівська політехніка".

Особистий внесок здобувача полягає в опрацюванні літературних джерел за темою дисертації, виконанні експериментальних досліджень, систематизації і узагальненні отриманих результатів та висновків, підготовці та оформленні заявки на патент на винахід. Постановка завдань та їхнє обговорення здійснено під керівництвом д.т.н., проф. Погребенника В.Д.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційного дослідження та практичні результати доповідалися на 3-му, 4-му і 5-му Міжнародних Конгресах "Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування", (Львів, 2014, 2016, 2018 рр.); Міжнародній науково-практичній Інтернет-конференції "Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства" (Тернопіль, 2015 р.); IX Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених та студентів "Екологічна безпека держави" (Київ, 2015 р.); Горбуновських читаннях "Екологічний стан і здоров'я жителів міських екосистем", (Чернівці, 2015 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції "Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи", (Львів, 2015 р.); XIV Міжнародній науково-практичній конференції "Ресурси природних вод Карпатського регіону. Проблеми охорони та раціонального використання" (Львів, 2015 р.); V-му і VI-му Всеукраїнському з'їзді екологів з міжнародною участю, (Вінниця, 2015, 2017 рр.); Міжнародній науково-практичній конференції "New Trends in Ecological and Biological Research" (Прешов, Словаччина, 2015 р.); I

Міжнародній науково-практичній конференції студентів, магістрантів та аспірантів "Галузеві проблеми екологічної безпеки" (Харків, 2015 р.); Міжнародній науковій конференції молодих вчених "Сучасний стан та якість навколишнього середовища окремих регіонів" (Одеса, 2016 р.); 16th International multidisciplinary scientific conference SGEM 2016 Water resources. Forest, marine and ocean ecosystems (Vienna, 2016); International scientific conference "Globalisation and regional environment protection Technique, technology, ecology" (Gdańsk, Польща, 2016); Міжнародній науково-практичній конференції "Екогеофорум-2017. Актуальні проблеми та інновації" (Івано-Франківськ, 2017 р.); X Миколаївських міських екологічних читаннях "Збережемо для нащадків" (Миколаїв, 2017 р.); Міжнародному науковому симпозіумі "Сталий розвиток – стан та перспективи", (Львів-Славське, 2018 р.); 17-й Міжнародній науково-практичній конференції, II Міжнародній науково-практичній конференції "Прикладні науково-технічні дослідження", Івано-Франківськ (2018 р.).

Публікації. Основні положення дисертації опубліковано у 28 наукових роботах, з яких: 2 розділи у колективних монографіях, одна стаття у наукометричній базі Web of Sciences, 4 статті – у наукових фахових виданнях України з технічних наук, одна з них у наукометричних базах Crossref і WorldCat, один патент України на винахід та 20 матеріалів та тез доповідей на міжнародних та всеукраїнських конференціях.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертаційна робота містить анотацію, вступ, 5 розділів, загальні висновки, список використаних літературних джерел та додатки. Матеріали дисертаційної роботи викладено на 198 сторінках машинописного тексту, ілюстровано 53 рисунками, текст містить 15 таблиць, у бібліографії наведено 197 літературних джерел.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, відображено її зв'язок з науковими планами та програмами, ступінь розроблення наукового завдання, визначено мету, завдання об'єкт та предмет дослідження, наукову новизну, теоретичну й практичну цінність одержаних результатів, наведено дані про апробацію результатів дисертації, інформацію щодо публікацій за результатами дослідження, зазначено особистий внесок здобувача, структуру та обсяг роботи.

У **першому розділі** виконано аналіз вітчизняних та закордонних літературних джерел щодо управління побутовими відходами та його ефективності для сталого розвитку.

Встановлено, що у загальному вигляді інтегроване управління відходами має свою ієрархію рівнів: перший рівень – мінімізація утворення відходів; другий рівень – повторне використання відходів; третій рівень – переробка ПВ (рециклінг, компостування, повторне використання і спалювання); четвертий рівень – отримання енергії з відходів; п'ятий рівень – захоронення. При цьому, управлінню підлягає кожний з цих етапів життя відходів. Як свідчить аналіз, країни світу, які використовують у своїй практиці методи інтегрованого управління ПВ, нині ефективно утилізовують ПВ з мінімальним впливом на довкілля.

На базі системного підходу охарактеризовано стан управління відходами в Україні. Зокрема, нині управління відходами орієнтовано на їх захоронення на звалищах; не передбачено розширеної відповідальності виробника продукту; має низький технологічний та інноваційний рівень; відсутні економічні стимули

перероблення відходів; відсутнє нормативне забезпечення щодо управління відходами; відсутні інформаційні системи для управління відходами. Причиною неефективності управління побутовими відходами є також недосконаліть чинного законодавства, зокрема Закону України "Про відходи". Іншими причинами є фактична відсутність місць утилізації ПВ, окрім полігонів для їх захоронення, котрі у більшості є перевантажені та потребують рекультивації; неконтрольованість та безкарність дій, які суперечать нормам та правилам управління ПВ.

Інтегрована система управління – система, функціями якої охоплюється управління різними видами діяльності в інтересах загальної глобальної мети функціонування. Тому нині зростає вагомість досліджень, спрямованих на пошук інтегрованих моделей управління побутовими відходами з врахуванням місцевих умов та критеріїв екононої ефективності.

Проаналізовано переваги модернізованого циклу управління відходами у порівнянні з простим циклом. Розглянуто управління опаковальними відходами, які становлять значну частину (до 45 %) побутових відходів.

Отримано регресійні залежності обсягів утворення відходів I, II і III класу небезпеки за 2000-2017 рр. та спалених відходів за період 2009-2018 рр. у Львівській області. Аналіз цих досліджень дав змогу спрогнозувати зміни обсягів відходів у Львівській області. На основі виконаного аналізу сформульовано мету, об'єкт, предмет та завдання дисертаційного дослідження.

У другому розділі розроблено теоретичні засади побудови інтегрованої системи управління відходами. Сучасна система управління ПВ має охоплювати увесь цикл управління відходами – від збирання до захоронення, базується на економічно обґрунтованих тарифах, враховує необхідність інформаційної роботи з утворювачами відходів. Усе це потребує значних інвестицій, професійного підходу, підтримки населення.

Роглянуто підходи до моделювання інтегрованої системи управління відходами. Оскільки проблеми управління відходами є одночасно технічними, економічними та суспільними, тому системи управління ними повинні послуговуватися інформацією для всіх трьох напрямків. *Перший напрямок* для побудови моделі систем управління постає з концепції сталого розвитку. *Другим напрямком* розвитку є відхід від аналізу локальних систем до аналізу великих регіональних систем. *Третім напрямком* розвитку є потреба аналізу систем в певних часових діапазонах, а не використання тільки середніх даних.

Системи управління відходами – це сума компонентів (об'єктів, процесів), пов'язаних відносинами. Декомпонована на підсистеми інтегрована система управління відходами містить такі рівні: типи відходів – побутові, опаковальні, небезпечні, стічні води; процеси перетворення і знешкодження відходів – збору і нагромадження, транспорту, знешкодження, перероблення; методи знешкодження відходів – термічні, хімічні, біологічні, фотохімічні; перенесення забруднень – атмосферна дисперсія, гідродинамічна дисперсія, за допомогою акустичних процесів; транспорт маси – дифузія, адвекція, сорбція; перетворення – депонування, сортування, компостування.

Розроблено підходи до моделювання адаптивних комп'ютерних систем прийняття рішень для варіантів систем управління відходами з врахуванням поширення забруднень. Для вирішення цього завдання необхідно інтегрувати

програмні середовища із застосуванням технології Microsoft Component Object Model (COM). Модульна структура моделі дає змогу інтегрувати моделі складових об'єктів і процесів, які можна використовувати як незалежні, автономні моделі, так і як елементи основної моделі.

Модель містить елементи бази даних, поєднані з геореляційною базою даних (Geodatabase), опрацьовану у середовищі ArcGIS. Визначено основні класи компонентів моделі: моделі економічного та оптимізаційного аналізу, моделі аналізу середовища, моделі багатоваріантного аналізу. Це дасть змогу використовувати методи інтерфейсів середовища Arc Object та Surfer Application Object Model (технологія COM).

Класифіковано математичні моделі інтегрованої системи управління побутовими відходами, зокрема: об'єктів; варіантів системи; процесів управління побутовими відходами; природних процесів; топологічні; геометричні; оптимізації; аналізу середовищ; економічного аналізу; багатоваріантного аналізу.

Розроблено структурну схему об'єктово-реляційної моделі аналізу середовища.

Математична модель показника якості повітряного середовища ґрунтується на визначенні значень забруднювальних речовин з використанням залежності

$$c(x,y,z)=\frac{E}{2\pi\delta_y\delta_z u}\exp\left[\frac{y^2}{2\delta_y^2}\right]\left\{\exp\left[-\frac{(z-H_e)^2}{2\delta_z^2}\right]+\exp\left[-\frac{(z+H_e)^2}{2\delta_z^2}\right]\right\}, \qquad (1)$$

де: E – інтенсивність забруднення; H_e – висота ефективного забруднення; $H_e = h + \Delta h$; H – висота труби; Δh – винесення смуги газів; δ_y і δ_z – середньоквадратичні відхилення розподілу концентрацій речовин, відповідно, в напрямках осей Y і Z; u – середня швидкість вітру.

Структура даних моделі показника якості середовища базується на параметрах, що описують процес дисперсії забруднень у природному середовищі. Розглянуто моделі поширення забруднень в атмосфері, транспорту забруднювальних речовин, обміну результатів обчислень, їх візуалізацію та інтерпретацію.

Показник якості середовища для даного варіанту системи управління відходами подамо як прямокутну матрицю W:

$$W=(w_{ki}), \qquad (2)$$

де w_{ki} – значення показника якості середовища для i–ої речовини у k–му варіанті системи управління відходами.

Значення складових моделі w_{ki} виражають зважену суму відхилень $\Sigma\Delta C$ концентрацій речовини в процесах складових у підсистемах варіанту від допустимого рівня у даному компоненті природного середовища.

Запропоновано матричні рівняння моделі показника якості середовища для i-ої забруднювальної речовини у p-ому зборі (в l-ому процесі у варіанті k) для z-го об'єкту або групи об'єктів – джерел забруднень:

$$P=OS, \text{ де } p_{pi}=\sum o_{pz}s_{zi}, \qquad (3)$$

$$O=(o_{pz}), \qquad (4)$$

(o_{pz}) – прямокутна матриця, у якій (o_{pz}) – компоненти матриці зв'язків, які набувають значень 0 або 1. Ця матриця становить відображення топології покриття у графі, який представляє даний варіант

$$S = (s_{zi}), \tag{5}$$

(s_{zi}) – прямокутна матриця.

Методологія визначення складових (s_{zi}) ґрунтується на аналізі розподілів концентрацій забруднювальних речовин у атмосферному повітрі та поверхневих водах і відображення отриманих ізоліній на шарах тематичних числових карт (гідрографічних, гідрологічних та соціологічних), а також ациклічного зваженого графу, отриманого підчас картування геометричної структури числової карти (у системі GIS).

Компоненти $S = (s_{zi})$ визначають з такої залежності:

$$(s_{zi}) = \sum_p \sum_k w_i^p \Delta C_{zi}^k, \tag{6}$$

де w_i^p означає компоненти матриці вагових чинників для підобразів соціологічної карти (ваги означають вплив речовин *i* на деградацію природного середовища в підшарі *p*, $\Delta C_{zi}^k S = \left| C_{zi}^k - C_i^{dop} \right|$ – модуль різниці значень максимальної концентрації забруднювальної речовини *i* (для об'єкту *z*) у точці $P_{zi}^k(x_k, y_k, z_k)$, а також значення допустимих концентрацій речовин *i* у даному компоненті природного середовища.

Отже, розроблено математичні моделі інтегрованої системи управління побутовими відходами на основі її декомпозиції та матричних рівнянь показників якості середовища, що уможливило створення геореляційної бази даних.

У третьому розділі розроблено методи та засоби управління опаковальними відходами. Розглянуто типи опаковань та екологічні аспекти охорони довкілля, екологічні загрози опаковальних відходів.

Розроблено класифікацію опаковальних відходів (ОВ) (рис. 1) для удосконалення інтегрованого управління побутовими відходами, яка дає змогу започаткувати на загальнодержавному рівні культуру поводження з ними через їх роздільне сортування.

Подано декілька варіантів заміни опаковальних матеріалів з полімерів на певні види товару, зокрема, пластикових сіток, поліетиленових пакетів на полотняні або паперові; пластикових ємностей, поліетиленових плівок на скляні тощо.

Запропоновано інтегровані методи управління відходами опаковальних матеріалів з використанням моделі розширеної відповідальності виробника. Зміст даної моделі полягає в тому, що: виробник несе відповідальність за перероблення та утилізацію опаковань своєї продукції; виробники/імпортери опаковань виконують свої зобов'язання самостійно або колективно; виконання норм перероблення та утилізації опаковань, що постійно зростають.

Дана класифікація дає змогу запропонувати методи зменшення кількості опаковальних відходів, зокрема: використання екологічних опаковальних матеріалів, відходів опаковань як вторинної сировини, опаковань багаторазового користування, заборона використання пластикових пакетів тощо.

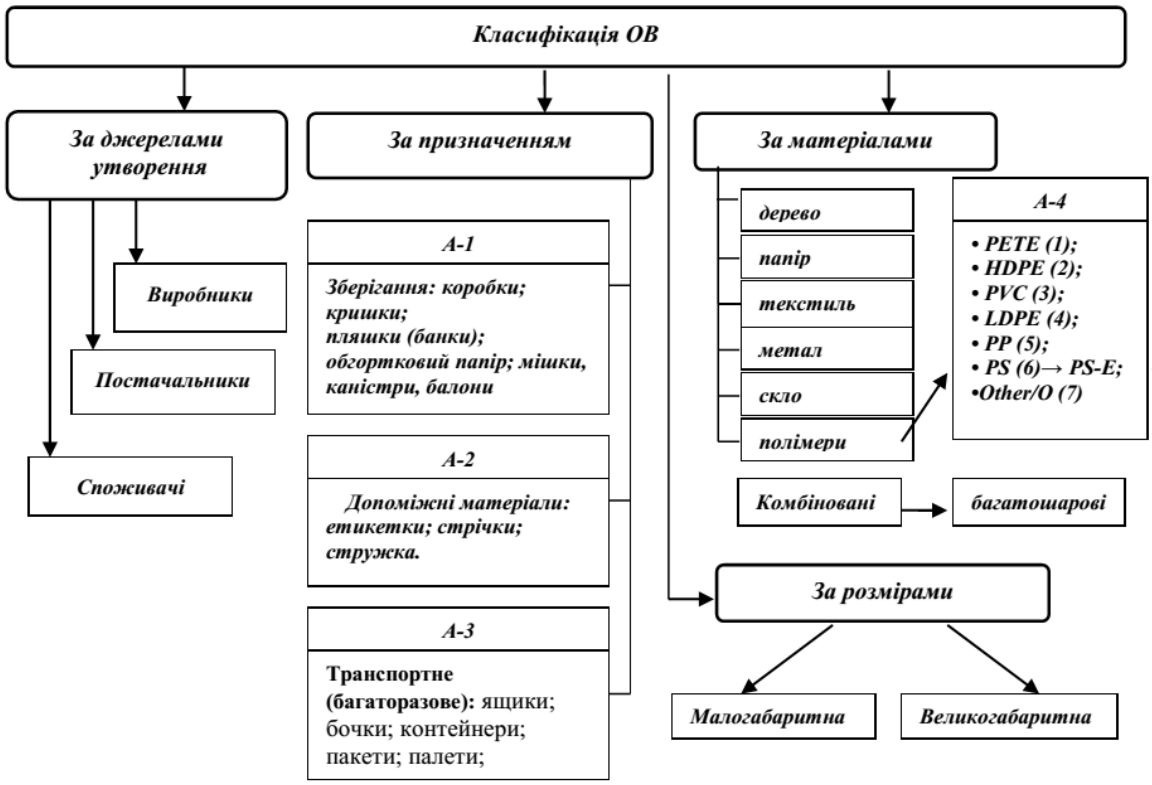


Рис. 1. Класифікація опаковальних відходів

Запропонована класифікація дає можливість розробляти широкий вибір методів ефективного управління опаковальними відходами і прийнятних методів їх перероблення та утилізації, що спрощуватиме процедуру наступних етапів інтегрованої системи управління побутовими відходами.

У **четвертому розділі** виконано аналіз впливу на довкілля Львівського полігону побутових відходів.

Досліджено якість поверхневих вод р. Малехівка. Встановлено перевищення ГДК за мінералізацією в 1,2 рази, загального Феруму в 1,4 рази, Кадмію в 4 рази, Мангану в 3,0 рази, $БСК_п$ в 4,87 рази, завислих речовин в 1,2 рази.

За результатами експериментальних досліджень встановлено перевищення ГДК у підземних водах – загального Феруму – у 10,1–27,6 разів, завислих речовин – у 5,6–56 разів, Кадмію – у 4,3–10,3 разів, Мангану – 5,7–20,7 разів, Плюмбуму – 3,1–6,9 разів, Нікелю – 2,7 рази, фосфатів – 1,1 рази. Це свідчить про те, що ЛКП "Збиранка" недостатньо вживало заходів щодо попередження та недопущення забруднення інфільтратними водами підземних вод. Тривала експлуатація сміттєзвалища з порушенням санітарних вимог призвела до забруднення підземних вод, які використовують для питного водопостачання.

Виявлено, що в період з 2012-2016 рр. та дотепер дегазація полігону не виконується. Відповідно викиди забруднювальних речовин (метану, толуолу, ксилолу, аміаку, формальдегіду, сірководню) в атмосферне повітря з тіла сміттєзвалища здійснюються несанкціоновано, без утилізації біогазу обсягом приблизно до 40 млн. м³.

Наслідками та основними джерелами забруднення ґрунтового покриву є: фільтратні стоки, кислі гудрони та забруднювальні речовини.

Досліджено елементний склад відібраних проб ґрунтів на прилеглих до сміттєзвалища територіях рентгенофлуоресцентним аналізатором "EXPERT-3L".

Він дає змогу з високою точністю (соті долі відсотка) визначати вміст хімічних елементів в діапазоні від натрію до урану. Отримано результати масових часток елементів в золі у відсотках (%) за формулою (7):

$$C_1 = W \cdot 10^{-4}, \quad (7)$$

отримано концентрацію елемента у ґрунті (C_1). Визначено коефіцієнти забруднення (Kz) ґрунтів важкими металами з точністю до 0,01 за формулою (8):

$$Kz = \frac{C_{Me}}{C_{Me(f)}}, \quad (8)$$

де C_{Me} – концентрація важких металів у ґрунтах, мг/кг; $C_{Me(f)}$ – фонова концентрація важких металів у ґрунтах, мг/кг (проба № 12 – зона лісосмуги).

На рис. 2–4 подано концентрації Мангану, Стронцію та Цинку у ґрунті в залежності від місця відбору проб.

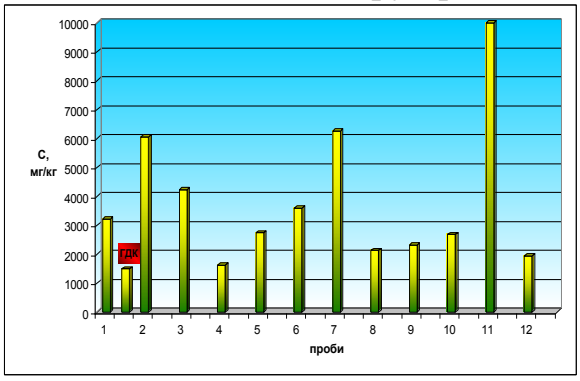


Рис. 2. Концентрація Мангану у ґрунті в залежності від місця відбору проби

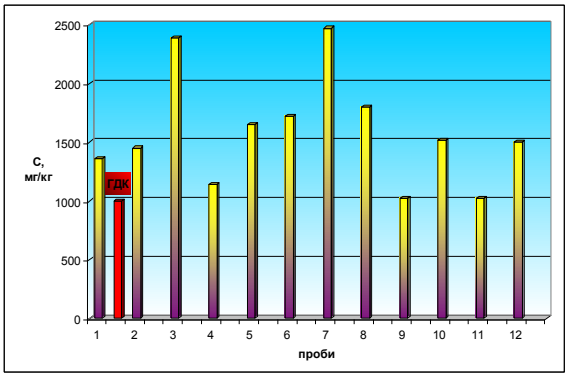


Рис. 3. Концентрація Стронцію у ґрунті в залежності від місця відбору проби

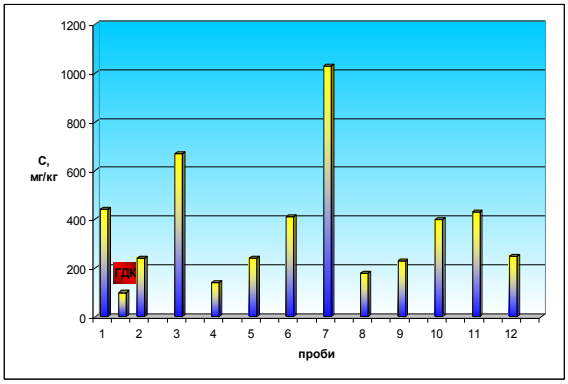


Рис. 4. Концентрація Цинку у ґрунті в залежності від місця відбору проби

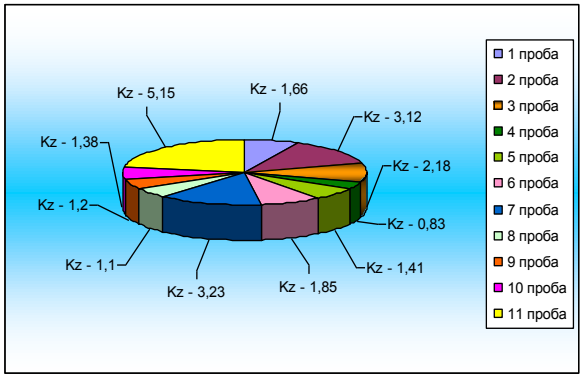


Рис. 5. Розподіл коефіцієнта забруднення Мангану у пробах ґрунту

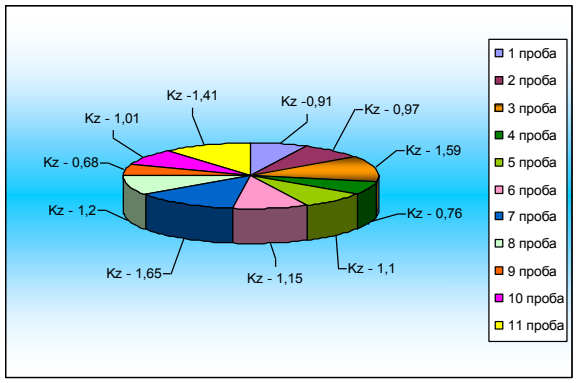


Рис. 6. Розподіл коефіцієнта забруднення Стронцію у пробах ґрунту

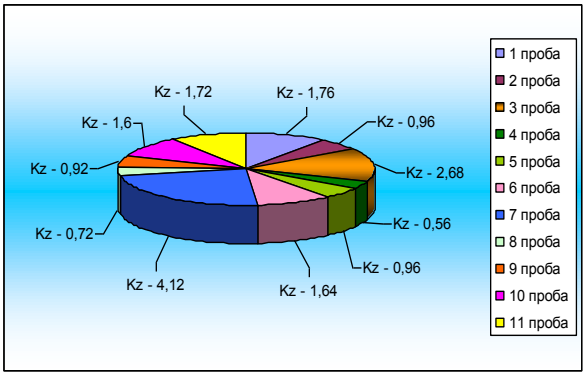


Рис. 7. Розподіл коефіцієнта забруднення Цинку у пробах ґрунту

Встановлено перевищення ГДК кожного із представлених елементів у кожній пробі. Найбільша концентрація Мангану є у пробі № 11 і перевищує ГДК у 6,7 разів; Стронцію у пробі № 7 і перевищує ГДК у 2,5 разів; Цинку у пробі № 7 і перевищує ГДК у 10,2 рази.

Визначено мінімальні та максимальні значення коефіцієнтів забруднення ґрунту такими полютантами: Цинк – 0,56 для проби № 4 і 4,12 – для проби № 7; Манган – 0,83 для проби № 4 і 5,15 – для проби № 11 і Стронцій – 0,68 для проби № 9 і 1,65 – для проби № 7, які подано на рис. 5–7.

Отже, аналізуючи вище наведені коефіцієнти забруднення, можна зробити висновок про те, що екологічний стан ґрунтів на території полігону сприятливий (вміст валових форм важких металів у ґрунті є на рівні кларків) та задовільний (вміст валових форм важких металів у ґрунті дещо перевищує кларки, але не сягає ГДК або фонової концентрації).

Нерівномірний розподіл коефіцієнтів забруднення можна трактувати неефективною рекультивацією – перекриттям деградованих земельних угідь мінеральним ґрунтом та ін.

Розроблено рекомендації щодо покращення екологічного стану територій, прилеглих до Львівського полігону ПВ, а також необхідні заходи і щодо закритого Львівського полігону. План заходів на період закриття полігону має бути розраховано на термін не менше тридцяти років.

У п’ятому розділі подано розроблені методи та засоби побудови регіональної геоінформаційної інтегрованої системи управління відходами.

Для організації інтегрованої системи управління ПВ є співпраця відомств. Вона будується між міськими, обласними районними адміністраціями та Державною екологічною інспекцією (ДЕІ) області. Співпраця також вибудовується між ДЕІ та навчальними закладами. Кожне із цих відомств має свої функціональні обов’язки. Необхідним є впровадження індивідуального сортування ПВ у житловому комплексі. Мета цього сортування − мінімізувати обсяг побутових відходів для утилізації на полігонах. В основу підходу покладено принципи збору та сортування усіх ПВ. Така ідея розширює коло їх ефективного управління, а саме – сортування та збирання таких видів ПВ, які не переробляють на території міста, області чи держави. Ці розсортовані відходи будуть зберігати до подальшої їх утилізації чи можливості їх експортування у великих обсягах для перероблення.

Однак, передусім, необхідно запровадити логістичну систему управління з ПВ на локальному рівні. Логістичний процес управління ПВ розглядається як упорядкована послідовність виконання операцій планування та організації управління рухом ПВ від їх утворення та управління ними із подальшим контролем за місцями їх перероблення і здійснюється впродовж трьох етапів.

Першим етапом логістичного процесу управління ПВ для житлового комплексу є формування господарських зв’язків – між об’єднанням співвласників багатоквартирного будинку (ОСББ) з фірмами, що здійснюють приймання вторинної сировини та фермами, які спеціалізуються на переробленні органічних відходів для виробництва біогумусу. Однак, для того, щоб мешканці ЖК були зацікавлені у сортуванні ПВ, необхідно їм надати фінансову мотивацію за принципом “сортуємо – продаємо – отримуємо кошти – утримуємо будинок”. Ці

кошти передбачено на витрати для його утримання (рис. 8). Для цього потрібно укласти угоди з фірмами, які здійснюють закупівлю вторинної сировини.

Рис. 8. Схема процесу управління ПВ для ЖК

Другим етапом є створення поряд з ЖК складського приміщення для збору, сортування та зберігання вторинної сировини. Зокрема, будівельна компанія "Галжитлобуд" розпочала будівництво торгово-житлового комплексу (ТЖК) на 394 квартири. Для належного рівня проживання у цьому ТЖК потрібно передбачити ще приміщення для потреб збору, сортування та тимчасового зберігання відсортованих вторинних ресурсів.

Третім етапом є організація сортування та тимчасового зберігання ПВ. Основним моментом є те, що це приміщення зачиняється на ключ і кожен мешканець ТЖК його має. Це дає змогу тимчасово зберігати вторинну сировину до приїзду спеціалізованої машини певної фірми чи ферми. Даний процес поводження з ПВ та управління вторинною сировиною цього ТЖК контролює особа з ОСББ.

У цьому приміщенні встановлюють пластикові контейнери та ящики. У приміщенні є кілька сегментів: біовідходи, опаковальні відходи, макулатура, інші побутові речі. Однією з важливих передумов ефективного сортування ПВ є обізнаність мешканців про матеріали, які вони сортують. У даному випадку сприянню обізнаності допоможе довідник з сортування ПВ.

У приміщенні сегменту А − у коричневих контейнерах – збиратимуть органічні відходи, які потім перетворюють на поживні суміші (біогумус). Також у цьому сегменті розміщують ємності для відходів, які *спалюють*. Такі відходи опаковують та поміщають у зелений контейнер.

Сегмент Б призначено для сортування очищених та спресованих *опаковальних відходів*. Збір скляних опаковань (пляшки та банки зі скла), здійснюють за відтінками: прозорі, зелені та бурштинові. Сортують такі відходи металів: фольгу,

форми, банки та кришки; аерозольні балончики тощо. Неодмінному сортуванню підлягають опакування з комбінованих та багатошарових матеріалів, які останнім часом набули широкого використання, зокрема, Tetra Pak, Pure Pak, ELM (Ecolean Material) тощо. У сегменті опаковальних відходів розміщують контейнери для сортування різних типів пластику (за маркуванням) та пінопласту.

У сегменті В необхідно розсортувати макулатуру. У сегменті Г збирають усі побутові речі, які поки що не мають відповідної системи утилізації. Їх не потрібно й надалі вивозити на полігони ПВ. Такі відходи планують збирати, сортувати та зберігати.

Четвертий етап − це підготовка ПВ у домогосподарствах до умов їх продажу переробним підприємствам. Такими умовами є: сортування побутових відходів на вторинну сировину; промивання проточною водою до її чистоти; максимально стиснуті та ущільнені предмети вторсировини.

П'ятий етап − це розсортовування вторинної сировини у прибудинковій станції сортування ПВ. Кожний тип відходів матиме свій окремий контейнер. Тому у приміщенні такої станції буде розміщено близько 35 контейнерів для сортування ПВ. Розроблено схему логістичного процесу управління органічними відходами для ЖК. Для покращення інформаційного забезпечення про правильне сортування типів відходів необхідно створити спеціальний електронно-інформаційний термінал.

На основі запропонованих математичних моделей розроблено підходи до побудови регіональної інтегрованої системи управління побутовими відходами на основі геоінформаційних технологій (рис. 9).

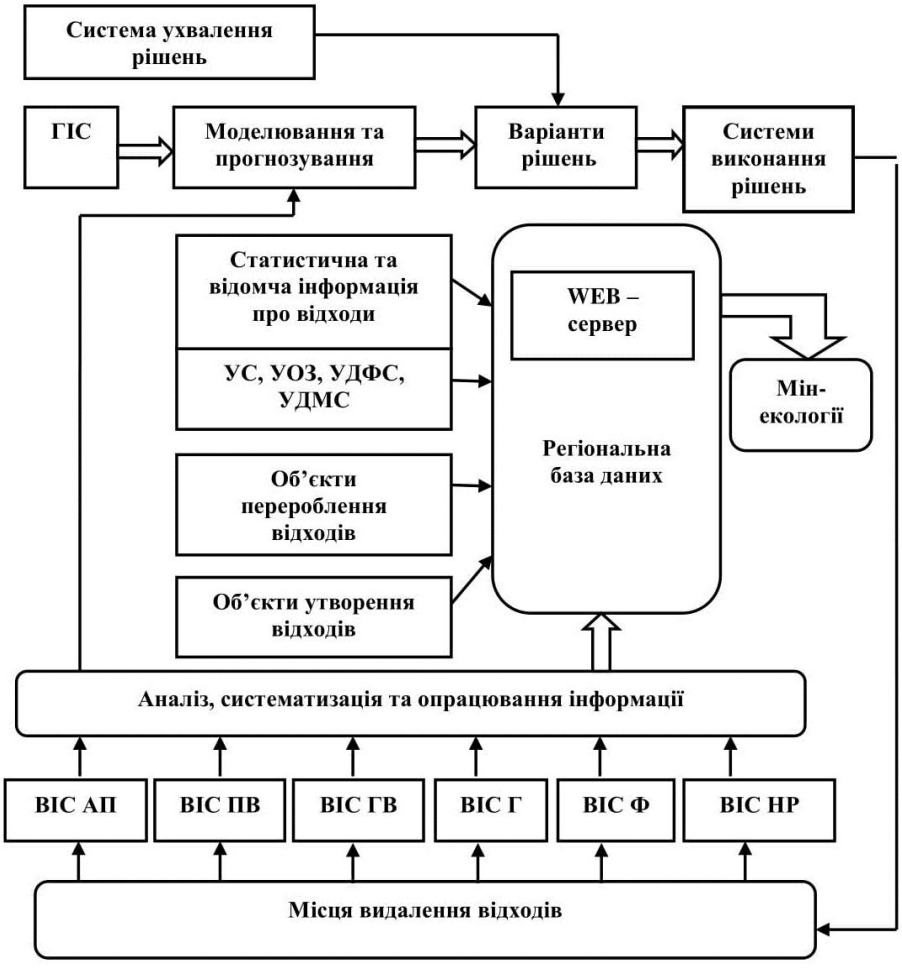
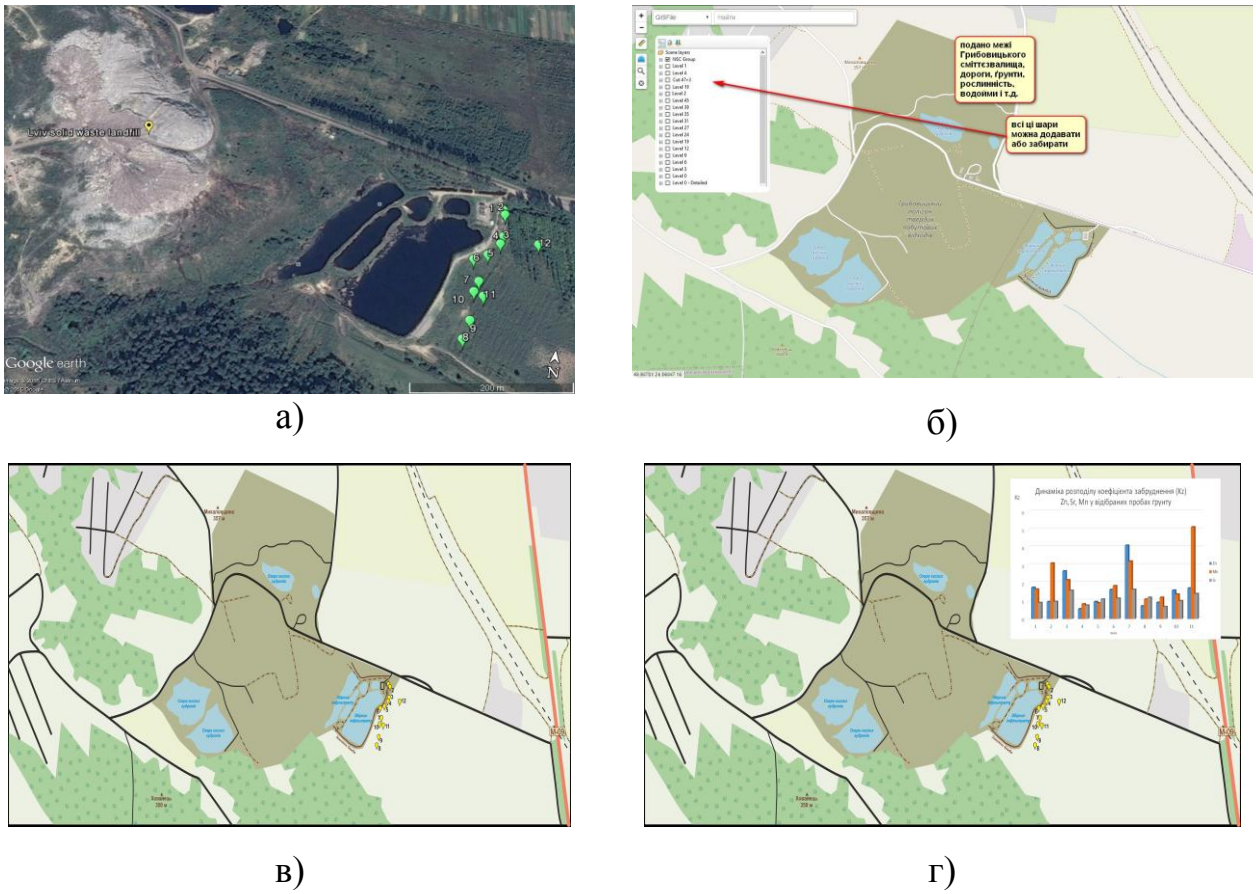


Рис. 9. Загальна схема інтегрованої системи управління побутовими відходами

В основу роботи системи покладено аналіз, систематизацію та опрацювання інформації характеристик забруднення довкілля та побутових відходів, статистичну та регіональну інформацію про об'єкти утворення та перероблення відходів, моделювання та прогнозування їх обсягу та рівня екологічної безпеки, процеси ухвалення рішень з використанням сучасних геоінформаційних технологій.

Інтегрована система управління побутовими відходами містить такі підсистеми: ВІС АП – вимірювально-інформаційна система (ВІС) атмосферного повітря, ВІС ПВ, ВІС ГВ, ВІС Г, ВІС Ф, ВІС НР, відповідно, вимірювально-інформаційні системи поверхневих вод, ґрунтових (підземних) вод, ґрунтів, фільтратів, небезпечних речовин, зокрема, гудронів, УС, УОЗ, УДФС, УДМС – відповідно, управління статистики, охорони здоров'я, державної фіскальної служби, державної митної служби, ГІС – геоінформаційна система.

Ілюстрацією отриманих даних в інтегрованій системі є набір створених карт, які організовано на основі шарів, зокрема, карти Грибовицького полігону (рис. 10).



а) б)

в) г)

Рис. 10. Супутникова карта Грибовицького полігону з пунктами відбору проб (а), цифрові карти полігону: з дорогами, рослинністю, ґрунтами (б), з пунктами відбору проб (в), з діаграмами розподілу коефіцієнта забруднення (г)

Запропоновано комплексний підхід до оцінювання рівня екологічної безпеки регіону E_w з врахуванням екологічних показників (обсягу відходів, що переробляються, та небезпечних відходів; індексу екологічної небезпеки складових довкілля – атмосферного повітря, поверхневих вод, ґрунту), економічних та соціальних показників.

Встановлено такі рівні екологічної безпеки регіону E_w: дуже низький – $0 \le E_w < 0{,}2$; низький – $0{,}2 \le E_w < 0{,}5$; середній – $0{,}5 \le E_w < 0{,}7$; високий – $0{,}7 \le E_w < 0{,}9$; дуже високий – $E_w \ge 0{,}9$. За результатами експертного оцінювання рівень екологічної

безпеки регіону є дуже низьким – 0,1. Використання інтегрованої системи управління відходами дає змогу досягти високого рівня екологічної безпеки регіону – до 0,7.

Для вимірювально-інформаційної системи моніторингу поверхневих вод запропоновано новий метод вимірювання концентрації речовин, який полягає у випромінюванні та прийманні імпульсного ультразвукового сигналу в контрольовану та *n* еталонних речовин, вимірюванні різниці часів поширення ультразвукових сигналів в еталонних речовинах, який характеризується високою точністю.

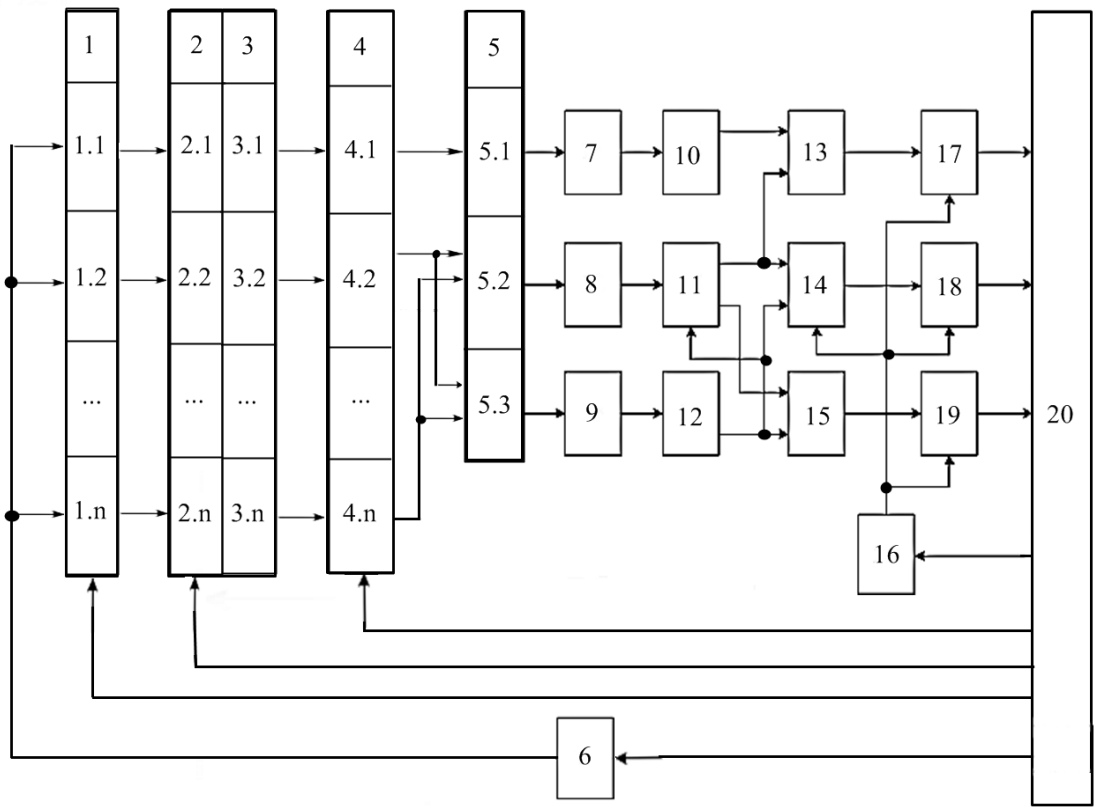


Рис. 11. Структурна схема пристрою для вимірювання концентрації речовин

На рис. 11 подано структурну схему пристрою, де: 1 – багатоканальний комутатор; 2 – блок ультразвукових випромінювачів; 3 – канал з *n* речовинами; 3.1 – канал з контрольованою речовиною; 3.2 – 3.*n* – канал з еталонними речовинами; 4 – багатоканальний комутатор; 5 – блок ультразвукових приймачів; 6 – генератор зондування; 7, 8, 9 – підсилювачі; 10, 11, 12 – детектори; 13, 14, 15 – відповідно, блок вимірювання різниці часу поширення звуку в контрольованій та (*i*+1) еталонній речовинах; блок вимірювання різниці часу поширення звуку в (*i*) еталонній та контрольованій речовинах, блок вимірювання різниці часу поширення звуку в (*i*) та (*i*+1) еталонній речовинах; 16 – кварцовий генератор; 17, 18, 19 – лічильники імпульсів, 20 – мікроконтролер.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено важливе науково-прикладне завдання – підвищення рівня екологічної безпеки регіону інтегрованою системою управління побутовими відходами.

Одержано такі основні наукові та практичні результати.

1. На основі вітчизняних та закордонних літературних джерел виявлено основні тенденції розвитку методів та систем управління побутовими відходами, що дало змогу обґрунтувати необхідність удосконалення підходів щодо організації та побудови ефективної інтегрованої системи управління ПВ.

2. Розроблено засади інтегрованого управління ПВ, в основу яких покладено ієрархічний принцип. Здійснено моделювання інтегрованої системи управління ПВ на основі її декомпозиції та матричних рівнянь показника якості середовища.

3. Запропоновано класифікацію опаковальних відходів за джерелами утворення, призначенням, типом матеріалу, розмірами тощо. Вона є ефективним інформаційним засобом для сортування, перероблення та утилізації ПВ. Подано поділ завдань та відповідальність учасників "товарно-виробничого ланцюга" щодо колообігу опаковальних відходів та розроблено методи їх мінімізації.

4. Виконано аналіз впливу на довкілля Львівського полігону побутових відходів і показано його негативний вплив на всі компоненти довкілля. Встановлено перевищення ГДК у ґрунті – Кадмію – у 2,1-6,8 разів, Купруму – у 2,4 рази, Плюмбуму – у 1,3–3,8 разів, Феруму – у 15,3–16 разів, Мангану – у 5,1 рази, хлоридів – у 57 разів; у поверхневих водах – Кадмію – у 4,5–14,5 разів, Мангану – у 2–7,5 разів, мінералізації – у 1,2 рази; у підземних водах – загального Феруму – у 10,1–27,6 разів, завислих речовин – у 5,6–56 разів, Кадмію – у 4,3–10,3 разів, Мангану – 5,7–20,7 разів, Плюмбуму – 3,1–6,9 разів, Нікелю – 2,7 рази, фосфатів – 1,1 рази. Визначено коефіцієнти забруднення основних полютантів: Цинк – 0,56–4,12, Манган – 0,83–5,15, Стронцій – 0,68–1,65. Отримані результати дали змогу обґрунтовано вибирати стратегію управління ПВ з метою мінімізації рівня екологічної небезпеки. Запропоновано низку рекомендацій, а також план необхідних заходів щодо приведення полігону до стану екологічно безпечної території.

5. Обґрунтовано підходи щодо сортування побутових відходів, в основу яких покладено принципи збору та сортування усіх ПВ, та запропоновано логістичну схему управління відходами на рівні житлового комплексу, перевагою яких є їх мінімізація та економічна ефективність.

6. Запропоновано новий метод вимірювання концентрації речовин, який полягає у випромінюванні та прийманні імпульсного ультразвукового сигналу в контрольовану та *n* еталонних речовин, вимірюванні різниці часів поширення ультразвукових сигналів в еталонних речовинах, в контрольованому та двох еталонних речовинах, який характеризується високою точністю.

7. На основі запропонованих математичних моделей розроблено підходи до побудови регіональної геоінформаційної інтегрованої системи управління побутовими відходами, в основу якої покладено аналіз, систематизацію та опрацювання інформації характеристик забруднення довкілля та побутових відходів, статистичну та регіональну інформацію про об'єкти утворення та перероблення відходів, моделювання та прогнозування їх обсягу. Запропонована структура системи дає змогу досягти високого рівня екологічної безпеки регіону.

8. Результати роботи впроваджено у практику діяльності Державної екологічної інспекції Львівської області, Департаменту екології природних ресурсів Львівської облдержадміністрації, в бюджетну і кафедральні теми та у навчальний процес підготовки фахівців за спеціальністю 183 "Технології захисту

навколишнього середовища" на кафедрі екологічної безпеки та природоохоронної діяльності Національного університету "Львівська політехніка".

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Розділи у колективних монографіях

1. Pohrebennyk V. Impact of Lviv municipal solid waste landfill on water bodies / V. Pohrebennyk, I. Podolchak // Water security: Monograph. – Mykolaiv: PMBSNU – Bristol: UWE, 2016. – 308 p. – P. 170-181. *Особистий внесок – виконання експериментальних досліджень.*
2. Pohrebennyk V. Soil Elemental Composition in the Lviv Municipal Solid Waste Landfill //Territory / V. Pohrebennyk, O. Mitryasova, N. Kurhaluk, I. Podolchak // Globalizacja a regionalna ochrona środowiska. (Globalisation and regional environment protection Technique, technology, ecology): Monografia. – Gdańsk: 2016. – 308 p. – P. 155-170. *Особистий внесок – виконання експериментальних досліджень.*

Статті у наукових виданнях, які входять до наукометричних баз даних

3. Podolchak I. Wastewater treatment in Lviv solid waste landfill / V. Pohrebennyk, O. Mitryasova, I. Podolchak, R. Politylo, A. Kochanek // Conferences Proceeding. 16 th International Multidisciplinary scientific GEOCONFERENCES & EXPO SGEM 2016. Vienna, Book 3, Water Resources, Forest, Marine and Ocean Ecosystems, Volume 3, P. 365-373. (Web of Sciences). *Особистий внесок – виконання експериментальних досліджень.*
4. Коваль І.І. Тенденції розвитку методів та систем управління відходами / Погребенник В.Д., Коваль І.І., Джумеля Е.А // Науковий вісник НЛТУ України: збірник наукових праць. Львів, 2019, том 29, № 1. – С. 78-82. (наукометричні бази Crossref і WorldCat). *Особистий внесок – аналіз методів і систем управління побутовими відходами.*

Статті у наукових фахових виданнях України:

5. Koval I.I. Organization of municipal solid waste sorting: local aspect / I.I. Koval, V.D. Pohrebennyk // Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. праць Ін-ту телекомунікацій і глобал. інформ. простору НАНУ і Київ. нац. ун-ту буд-ва і архіт. – Вип. 27. – К., 2018. – С. 30-39. *Особистий внесок – аналіз методів сортування побутових відходів.*
6. Koval I.I. Approaches to building integrated system of municipal solid waste management: classification of packaging waste / I.I. Koval, V.D. Pohrebennyk // Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. праць Ін-ту телекомунікацій і глобал. інформ. простору НАНУ і Київ. нац. ун-ту буд-ва і архіт. – Вип. 28. – К., 2018. – С. 94-102. *Особистий внесок – розроблення класифікації опаковальних відходів.*
7. Коваль І.І. Методи побудови комп'ютерної системи моніторингу побутових відходів / В.Д. Погребенник, І.І. Коваль // Комп'ютерні технології друкарства: зб. наук. праць Української академії друкарств. – Вип. 1(39). – Л., 2018. – С. 17-28. *Особистий внесок – аналіз методів побудови комп'ютерної системи моніторингу побутових відходів*.

Патенти

8. Патент України на винахід № 118144 за заявкою a201604086 / Спосіб вимірювання концентрації речовини. МПК G01N 29/00 // Погребенник В.Д., Подольчак І.І. Опубл. 12.11.2018 р. Бюл. № 21. *Особистий внесок – виконання експериментальних досліджень.*

Тези доповідей та матеріали конференцій

9. Подольчак І.І. Екологічний аудит ЛКП "Збиранка" / А.М. Шибанова, А.С. Войціховська, І.І. Подольчак // Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: 3-й Міжнар. конгрес, Львів, 17–19 вересня 2014 р.: збірник матеріалів / Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. – С. 56. *Особистий внесок – аналіз методів екологічного аудиту.*
10. Подольчак І.І. Покращення екологічного стану територій, прилеглих до Львівського полігону ТПВ / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // Матеріали ІІ Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції "Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства", − 19-20 березня 2015 р., Тернопіль: Крок, 2015. − С. 105–106. *Особистий внесок – рекомендації щодо покращення екологічного стану територій.*
11. Подольчак І.І. Екологічна безпека Львівського полігону ТПВ / І.І. Подольчак // Тези доповідей ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів "Екологічна безпека держави", − 16 квітня 2015 р., К.: НАУ, 2015 – С. 128-129. *Особистий внесок – аналіз стану екологічної безпеки Львівського полігону ТПВ.*
12. Подольчак І.І. Охорона земельних ресурсів ЛКП "Збиранка" / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // Екологічний стан і здоров'я жителів екосистем. Горбуновські читання: тези доповідей, – 5-6 травня 2015 р., Чернівці: Місто, 2015. – С. 132-134. *Особистий внесок – аналіз стану охорони земельних ресурсів ЛКП "Збиранка".*
13. Подольчак І.І. Забруднення атмосферного повітря Львівським полігоном ТПВ / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // ІІ Міжнародна науково-практична конференція "Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи"/ Стандартизація. Сертифікація. Якість. – 2015. – № 1. – С. 212. *Особистий внесок – оцінювання забруднення атмосферного повітря.*
14. Подольчак І.І. Вплив Львівського полігону ТПВ на забруднення поверхневих вод регіону / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // Збірник наукових статей XIV Міжнародної науково-практичної конференції "Ресурси природних вод Карпатського регіону. Проблеми охорони та раціонального використання". – 28-29 травня 2015 р., м. Львів. – Львів: ЛвДЦНІІ, 2015. – С. 177-181. *Особистий внесок – оцінювання забруднення поверхневих вод регіону.*
15. Подольчак І.І. Вплив Львівського міського сміттєзвалища на стан якості підземних вод / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // V-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2015) 23-26 вересня, 2015. Збірник наукових праць. – Вінниця: ТОВ "Нілан-ЛТД", 2015. – С. 25. *Особистий внесок – оцінювання якості поверхневих вод регіону.*

16. Podolchak I. The efficiency of wastewater treatment L'landfill / V. Pohrebennyk, I. Podolchak // New Trends in Ecological and Biological Research. – September 9th – 11th, 2015. – University of Prešov in Prešov, Prešov, Slovak Republic. – Prešov, 2015. – P. 103. *Особистий внесок – оцінювання забруднення підземних вод.*
17. Podolchak I. The problems of ecological safety of the Lviv landfill / V. Pohrebennyk, I. Podolchak // New Trends in Ecological and Biological Research. – September 9th – 11th, 2015. – University of Prešov in Prešov, Prešov, Slovak Republic. – Prešov, 2015. – P. 106. *Особистий внесок – оцінювання стану екологічної безпеки.*
18. Podolchak I. Determination of element composition of soil samples in the Lviv Landfill / V. Pohrebennyk, I. Podolchak // New Trends in Ecological and Biological Research. – September 9th – 11th, 2015. – University of Prešov in Prešov, Prešov, Slovak Republic. – Prešov, 2015. – P. 63. *Особистий внесок – визначення вмісту ґрунтів.*
19. Подольчак І.І. Заходи щодо покращення стану ґрунтового покриву території Львівського полігону ТПВ / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // Матеріали І Міжнародної науково-практичної конференції студентів, магістрантів та аспірантів “Галузеві проблеми екологічної безпеки”, Харків, 22 жовтня 2015 р. – С. 57–58. *Особистий внесок – рекомендації щодо покращення стану ґрунтового покриву.*
20. Подольчак І.І. Проблеми безпечного та ефективного поводження з твердими побутовими відходами / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // Матеріали Міжнародної наукової конференції молодих вчених “Сучасний стан та якість навколишнього середовища окремих регіонів”, Одеса, 1-3 червня 2016 р. – С. 191-195. *Особистий внесок – аналіз проблем поводження з відходами.*
21. Подольчак І.І. Експериментальні дослідження забруднення територій біля Львівського полігону ТПВ після обвалу сміття у травні 2016 р. / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // збірник матеріалів 4-го Міжнародного Конгресу “Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування”, Львів, 21-23 вересня 2016 р. – С. 47. *Особистий внесок – виконання експериментальних досліджень.*
22. Подольчак І.І. Інтегрований метод управління відходами пакувальних матеріалів / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції “Екогеофорум 2017. Актуальні проблеми та інновації”, Івано-Франківськ, 22-25 березня 2017 р. – С. 71-73. *Особистий внесок – оцінювання ефективності інтегрованого методу управління відходами опаковальних матеріалів.*
23. Подольчак І.І. Класифікація упакувань – складова частина інтегрованої системи управління твердими побутовими відходами / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // VI-й Всеукраїнський з’їзд екологів з міжнародною участю 20–22 вересня, 2017. Збірник наукових праць. – Вінниця, 2017. – С. 74. *Особистий внесок – класифікація опаковань.*
24. Подольчак І. І. Розвиток інтегрованих систем поводження з відходами / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // Матеріали X Миколаївських міських екологічних читань “Збережемо для нащадків”, Миколаїв, 1-2 листопада 2017 р. – С. 81-83. *Особистий внесок – аналіз інтегрованих систем управління відходами.*

25. Подольчак І.І. Використання світового досвіду утилізації опаковальних відходів в Україні / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // Матеріали Міжнародного наукового симпозіуму SDEV'2018 "Сталий розвиток-стан та перспективи", Львів-Славське, 28 лютого-3 березня 2018 р. – С. 134. *Особистий внесок – аналіз світового досвіду утилізації опаковальних відходів.*
26. Подольчак І.І. Новітні інформаційні технології управління твердими побутовими відходами / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // ІІ Міжнародна науково-практична конференція "Прикладні науково-технічні дослідженння", Івано-Франківськ, 3-5 квітня 2018 р. – С. 14. *Особистий внесок – аналіз новітніх інформаційних технологій.*
27. Коваль І.І. Організація інтегрованої системи управління ТПВ для Львівської області / І.І. Коваль, В.Д. Погребенник // Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: 5-й Міжнар. конгрес, Львів, 26–29 вересня 2018 р.: збірник матеріалів. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. – С. 45. *Особистий внесок – організація інтегрованої системи управління побутових відходів.*
28. Pohrebennyk V. Approaches to Integrated Waste Management System Modeling / V. Pohrebennyk, I. Koval, E. Dzhumelia // The 8-th International Joint Youth Science Forum "Litteris Et Artibus" & 13-th International Conference "Young Scientists Towards the Challenges of Modern Technology", Lviv, November 22-24, 2018. – The Materials. – Lviv, Ukraine: Lviv Polytechnic National University, 2018. – P. 313-314. *Особистий внесок – аналіз підходів щодо моделювання інтегрованих систем управління відходами.*

АНОТАЦІЯ

Коваль І. І. Підвищення рівня екологічної безпеки довкілля за допомогою інтегрованої системи управління побутовими відходами. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 21.06.01 "Екологічна безпека". – Національний університет "Львівська політехніка" Міністерства освіти і науки України, Львів, 2019.

У дисертаційному дослідженні вирішено актуальне науково-практичне завдання – підвищення рівня екологічної безпеки регіону інтегрованою системою управління побутовими відходами. На основі системного аналізу літературних джерел виявлено основні тенденції розвитку методів і систем управління відходами. Здійснено моделювання інтегрованої системи управління відходами на основі її декомпозиції і матричних рівнянь показника якості середовища. Запропоновано класифікацію опаковальних відходів, як інформаційний засіб для їх сортування. Виконано аналіз впливу Львівського полігону побутових відходів на навколишнє середовище і встановлено рівні забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод. Розроблено рекомендації щодо поліпшення екологічного стану територій, прилеглих до Львівського полігону побутових відходів. Подано підходи до організації інтегрованої системи управління побутовими відходами регіону, методи сортування та мінімізації побутових відходів на локальному рівні. Визначено етапи процесу управління відходами для житлових комплексів. Запропоновано схему інтегрованої системи управління побутовими відходами.

Ключові слова: екологічна безпека регіону, інтегрована система, математичні моделі, побутові відходи, опаковальні відходи, управління, сортування, локальний рівень.

АННОТАЦИЯ

Коваль И.И. Повышение уровня экологической безопасности региона интегрированной системой управления бытовыми отходами. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук (доктора философии) по специальности 21.06.01 “Экологическая безопасность”. – Национальный университет “Львовская политехника” Министерства образования и науки Украины, Львов, 2019.

В диссертационном исследовании решена актуальная научно-практическая задача – повышение уровня экологической безопасности региона интегрированной системой управления бытовыми отходами. На основе системного анализа литературных источников выявлены основные тенденции развития методов и систем управления отходами. Разработаны основы интегрированного управления бытовыми отходами, в основу которого положен иерархический принцип. Осуществлено моделирование интегрированной системы управления бытовых отходов на основе ее декомпозиции и матричных уравнений показателя качества среды. Разработана классификация отходов упаковки по источникам образования, назначению, типу материала, размерам и т.п. Она является эффективным информационным средством для сортировки, переработки и утилизации бытовых отходов. Предложено разделение задач и ответственность участников “товарно-производственной цепи” по круговороту отходов упаковки и разработаны методы их минимизации.

Выполнен анализ влияния Львовского полигона бытовых отходов на окружающую среду и установлен факт загрязнения почв, поверхностных и подземных вод. Установлено превышение ГДК у почве для тяжелых металлов – Кадмия, Купрума, Плюмбума, Ферума, Мангана, Стронция. Определены коэффициенты загрязнения основных загрязнителей: Цинк, Манган, Стронций. Полученные результаты позволили обоснованно выбирать стратегию управления бытовых отходов с целью минимизации уровня экологической опасности. Предложены рекомендации по улучшению экологического состояния и почвенного покрова территорий, прилегающих к Львовскому полигону бытовых отходов, а также план необходимых мероприятий по приведению полигона в состояние экологически безопасной территории.

Обоснованы подходы по сортировке бытовых отходов, в основу которых положены принципы сбора и сортировки всех бытовых отходов, и предложена логистическая схема управления отходами на уровне жилого комплекса, преимуществом которой является их минимизация и экономическая эффективность. Определены этапы процесса управления отходами для жилых комплексов.

Предложен новый метод измерения концентрации веществ, который заключается в излучении и приеме импульсного ультразвукового сигнала в контролируемую и n эталонных веществ, измерении разности времен распространения ультразвуковых сигналов в эталонных веществах, в контролируемом и двух эталонных веществах, который характеризуется высокой

точностью. На основе предложенных математических моделей разработаны подходы к построению региональной геоинформационной интегрированной системы управления бытовыми отходами, в основу которой положен анализ, систематизация и обработка информации характеристик загрязнения окружающей среды и бытовых отходов, статистическая и региональная информация об объектах образования и переработки отходов, моделирования и прогнозирования их уровня. Предложенная структура системы позволяет достичь высокого уровня экологической безопасности региона. Результаты работы внедрены в практику деятельности организаций и учреждений и учебный процесс.

Ключевые слова: экологическая безопасность региона, интегрированная система, математические модели, бытовые отходы, отходы упаковки, управление, сортировка, локальный уровень.

ABSTRACT

Koval I. Increasing of the region ecological safety level by the integrated system of household waste management. – On the rights of manuscript.

Dissertation for the degree of Ph.D. (Doctor of Philosophy), specialty 21.06.01 "Ecological safety". – Lviv Polytechnic National University, Ministry of education and science of Ukraine, Lviv, 2019.

In the dissertation work the actual scientific-practical task, such as increasing of the region ecological safety level by the integrated system of household waste management, is solved. The main tendencies of the development of waste management methods and systems based on system analysis of domestic and foreign literature sources were revealed, which made it possible to substantiate the need to improve the approaches to the organization and construction of an efficient integrated waste management system. Mathematical models of integrated waste management system because of their decomposition, based on matrix equations of the quality index of the environment were developed. This made it possible to create a geo-relational database model.

Classification of packaging waste as an information tool for their sorting was developed. It supplies the opportunity for further progress to develop a wide range of effective management of packaging waste and acceptable methods for their recycling and utilization. Complex analysis of the impact of the Lviv household waste landfill on the environment has been carried out and the fact of contamination of soils, surface, and underground waters has been established. The main source of environmental pollution is infiltration, which is formed because of atmospheric precipitation and processes occurring in the "body" of the landfill. Recommendations for improvement of the ecological state and soil cover of the territories adjacent to the Lviv household waste landfill have been developed.

The approaches to organization of integrated management system of household waste in the region are developed. The methodology of household waste sorting at the local level is developed, the feature of which is the sorting of all household waste, which makes it possible to minimize the amount of waste at landfills and save money on the construction of sorting enterprises. Stages of the waste management process for residential complexes are defined and monitoring schemes, integrated control, waste management, and minimization of waste generation are proposed.

Key words: ecological safety, integrated system, mathematical models, household waste, packaging waste, management, sorting, local level.