

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КОВАЛЬ ІРИНА ІГОРІВНА

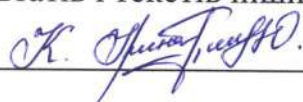
УДК 628.47:502

**ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНУ
ІНТЕГРОВАНОЮ СИСТЕМОЮ УПРАВЛІННЯ ПОБУТОВИМИ
ВІДХОДАМИ**

21.06.01 – екологічна безпека

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело


_____ І.І. Коваль

Науковий керівник:
доктор технічних наук,
професор **Погребенник В.Д.**

Ідентичність усіх примірників дисертації

ЗАСВІДЧУЮ:

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради





АНОТАЦІЯ

Коваль І. І. Підвищення рівня екологічної безпеки регіону інтегрованою системою управління побутовими відходами. – Кваліфікаційна наукова праця 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.

Захист дисертації відбудеться на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.052.22. Національного університету “Львівська політехніка” Міністерства освіти і науки України.

У дисертаційному дослідженні розв’язано актуальне науково-практичне завдання: підвищення рівня екологічної безпеки регіону інтегрованою системою управління побутовими відходами.

На основі системного аналізу вітчизняних та закордонних літературних джерел виявлено основні тенденції розвитку методів та систем управління відходами, що дало змогу обґрунтувати необхідність удосконалення підходів щодо організації та побудови ефективної інтегрованої системи управління відходами. Розроблено математичні моделі інтегрованої системи управління відходами на основі їх декомпозиції, в основу яких покладено матричні рівняння показника якості середовища. Розроблено класифікацію опаковальних відходів, як інформаційний засіб для їх сортування. Вона дає можливість у подальшому розвитку розробляти широкий вибір ефективного управління опаковальними відходами. Виконано аналіз впливу Львівського полігону побутових відходів на довкілля та встановлено факт забруднення ґрунтів, поверхневих та підземних вод. Розроблено рекомендації щодо покращення екологічного стану та ґрунтового покриву територій, прилеглих до Львівського полігону побутових відходів. Розроблено підходи до організації інтегрованої системи управління побутовими відходами регіону. Розроблено методологію сортування побутових відходів на локальному рівні, особливістю

якої є сортування всіх побутових відходів, що дає змогу мінімізувати кількість відходів на полігонах. Визначено етапи процесу управління відходами для житлових комплексів. Основні результати дисертаційного дослідження впроваджено.

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

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ,
в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:**

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.
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.
3. 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).
4. 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.
5. 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.

6. 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 друкарства. – Вип. 1(39). – Л., 2018. – С. 17-28.

7. Podolchak I. Wastewater treatment in Lviv solid waste landfill / V. Pohrebennyk, O. Mitryasova, I. Podolchak, R. Politylo, A. Kochanek // Conferences Proceeding. 16th International Multidisciplinary scientific Geoconferences & Expo SGEM 2016. Vienna, Book 3, Volume 3. – P. 365-373. (Web of Sciences).

8. Патент України на винахід № 118144 за заявкою а201604086 / Спосіб вимірювання концентрації речовини. МПК G01N 29/00 // Погребенник В.Д., Подольчак І.І. Опубл. 12.11.2018 р. Бюл. № 21.

Які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

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.

10. Подольчак І.І. Покращення екологічного стану територій, прилеглих до Львівського полігону ТПВ / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // Матеріали II 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.

11. Подольчак І.І. Екологічна безпека Львівського полігону ТПВ / І.І. Подольчак // Тези доповідей IX Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів “Екологічна безпека держави”, – 16 квітня 2015 р., К.: НАУ, 2015 – С. 128-129.

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.

13. Подольчак І.І. Забруднення атмосферного повітря Львівським полігоном ТПВ / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // II Міжн. наук.-практ. конф. “Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи”. Стандартизація. Сертифікація. Якість. – 28-30 травня 2015. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2015. – С. 212.
14. Подольчак І.І. Вплив Львівського полігону ТПВ на забруднення поверхневих вод регіону / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // Збірник наукових статей XIV Міжн. наук.-практ. конф. “Ресурси природних вод Карпатського регіону. Проблеми охорони та раціонального використання”. – 28-29 травня 2015 р., м. Львів. – Львів: ЛьДЦНП, 2015. – С. 177-181.
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.
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.
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.
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.
19. Подольчак І.І. Заходи щодо покращення стану ґрунтового покриву території Львівського полігону ТПВ / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // Матеріали I Міжн. наук.-практ. конф. студентів, магістрантів та аспірантів “Галузеві проблеми екологічної безпеки”, Харків, 22 жовтня 2015р. – С. 57–58.

20. Подольчак І.І. Проблеми безпечного та ефективного поводження з твердими побутовими відходами / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // Матеріали Міжн. наук. конф. молодих вчених “Сучасний стан та якість навколишнього середовища окремих регіонів”, Одеса, 1-3 червня 2016 р. – С. 191-195.
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.
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.
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.
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.
25. Подольчак І.І. Використання світового досвіду утилізації опаковальних відходів в Україні / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // Матеріали Міжнародного наукового симпозиуму SDEV’2018 “Сталий розвиток-стан та перспективи”, Львів-Славське, 28 лютого-3 березня 2018 р. – С. 134.
26. Подольчак І.І. Новітні інформаційні технології управління твердими побутовими відходами / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // II Міжнародна науково-практична конференція “Прикладні науково-технічні дослідження”, Івано-Франківськ, 3-5 квітня 2018 р. – С. 14.

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.
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.

ABSTRACT

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

The defense of dissertation work will be held at a meeting of specialized scientific council K 35.052.22. of Lviv Polytechnic National University of Ministry of education and science of Ukraine.

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. 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 and packaging waste, management, sorting, local level.

LIST OF PUBLICATIONS

Scientific works, in which the main scientific results of the dissertation are published:

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.
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.

3. Koval I.I. Tendentsii rozvytku metodiv ta system upravlinnia vidkhodamy / Pohrebennyk V.D., Koval I.I., Dzhumelia E.A // Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy : zbirnyk naukovykh prats. Lviv, 2019, tom 29, № 1. – S. 78-82.
4. Koval I.I. Organization of municipal solid waste sorting: local aspect / I.I. Koval, V.D. Pohrebennyk // Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia: zb. nauk. prats In-tu telekomunikatsii i hlobal. inform. prostoru NANU i Kyiv. nats. un-tu bud-va i arkhitekt. – Vyp. 27. – K., 2018. – S. 30-39.
5. Koval I.I. Approaches to building integrated system of municipal solid waste management: classification of packaging waste / I.I. Koval, V.D. Pohrebennyk // Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia: zb. nauk. prats In-tu telekomunikatsii i hlobal. inform. prostoru NANU i Kyiv. nats. un-tu bud-va i arkhitekt. – Vyp. 28. – K., 2018. – S. 94-102.
6. Koval I.I. Metody pobudovy kompiuternoi systemy monitorynhu pobutovykh vidkhodiv / V.D. Pohrebennyk, I.I. Koval // Kompterni tekhnolohii druzarstva: zb. nauk. prats Ukrainskoi akademii druzarstv. – Vyp. 1(39). – L., 2018. – S. 17-28.
7. Podolchak I. Wastewater treatment in Lviv solid waste landfill / V. Pohrebennyk, O. Mitryasova, I. Podolchak, R. Politylo, A. Kochanek // Conferences Proceeding. 16th International Multidisciplinary scientific Geoconferences & Expo SGEM 2016. –Vienna, Book 3, Volume 3, P. 365-373.
8. Patent Ukrainy na vynakhid № 118144 za zaiavkoiu a201604086 / Sposib vymiryuvannia kontsentratsii rehovyny. MPK G01N 29/00 // Pohrebennyk V.D., Podolchak I.I. Opubl. 12.11.2018 r. Biul. № 21.

Scientific works, testifying the approbation of dissertation materials:

9. Podolchak I.I. Ekolohichniy audyt LKP “Zbyranka” / A.M. Shybanova, A.S. Voitsikhovska, I.I. Podolchak // Zakhyst navkolysnogo seredovyscha. Enerhooshchadnist. Zbalansovane pryrodokorystuvannia: 3-y Mizhnar. konhres, Lviv, 17–19 veresnia 2014 r.: zbirnyk materialiv / Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki, 2014. – S. 56.
10. Podolchak I.I. Pokrashchennia ekolohichnoho stanu terytorii, prylehlykh do Lvivskoho polihonu TPV / V.D. Pohrebennyk, I.I. Podolchak // Materialy II Mizhn.

nauk.-prak. Internet-konferentsii “Ekolohiia i pryrodokorystuvannia v systemi optymizatsii vidnosyn pryrody i suspilstva”, – 19-20 bereznia 2015 r., Ternopil: Krok, 2015. – S. 105–106.

11. Podolchak I.I. Ekolohichna bezpeka Lvivskoho polihonu TPV / I.I. Podolchak // Tezy dopovidei IX Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh uchenykh ta studentiv “Ekolohichna bezpeka derzhavy”, – 16 kvitnia 2015 r., K.: NAU, 2015 – S. 128-129.

12. Podolchak I.I. Okhorona zemelnykh resursiv LKP “Zbyranka” / V.D. Pohrebennyk, I.I. Podolchak // Ekolohichni stan i zdorovia zhyteliv ekosystem. Horbunovski chytannia: tezy dopovidei, – 5-6 travnia 2015 r., Chernivtsi: Misto, 2015. – S. 132-134.

13. Podolchak I.I. Zabrudnennia atmosferneho povitria Lvivskym polihonom TPV / V.D. Pohrebennyk, I.I. Podolchak // II Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia “Upravlinnia yakistiu v osviti ta promyslovosti: dosvid, problemy ta perspektyvy”/ Standartyzatsiia. Sertyfikatsiia. Yakist, – 28-30 travnia 2015. Lviv: Vyd-vo Lvivskoi politekhniki, 2015. – S. 212.

14. Podolchak I.I. Vplyv Lvivskoho polihonu TPV na zabrudnennia poverkhnevyykh vod rehionu / V.D. Pohrebennyk, I.I. Podolchak // Zbirnyk naukovykh statei XIV Mizhn. nauk.-prakt. Konf. “Resursy pryrodnykh vod Karpatskoho rehionu. Problemy okhorony ta ratsionalnoho vykorystannia”. – 28-29 travnia 2015 r., m. Lviv. – Lviv: LvDTsNII, 2015. – S. 177-181.

15. Podolchak I.I. Vplyv Lvivskoho miskoho smittiezvalyshcha na stan yakosti pidzemnykh vod / V.D. Pohrebennyk, I.I. Podolchak // V-y Vseukrainskyi zizd ekolohiv z mizhnarodnoiu uchastiu (Ekolohiia/Ecology-2015) 23-26 veresnia, 2015. Zbirnyk naukovykh prats. – Vinnytsia: TOV “Nilan-LTD”, 2015. – S. 25.

16. Podolchak I. The efficiency of wastewater treatment Llandfill / 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.

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.
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.
19. Podolchak I.I. Zakhody shchodo pokrashchennia stanu gruntovoho pokryvu terytorii Lvivskoho polihonu TPV / V.D. Pohrebennyk, I.I. Podolchak // Materialy I Mizhn. nauk.-prakt. Konf. studentiv, mahistrantiv ta aspirantiv “Haluzevi problemy ekolohichnoi bezpeky”, Kharkiv, 22 zhovtnia 2015 r. – S. 57–58.
20. Podolchak I.I. Problemy bezpechnoho ta efektyvnoho povodzhennia z tverdymy pobutovymy vidkhodamy / V.D. Pohrebennyk, I.I. Podolchak // Materialy Mizhn. Nauk. Konf. molodykh vchenykh “Suchasnyi stan ta yakist navkolyshnoho seredovyshcha okremykh rehioniv”, Odesa, 1-3 chervnia 2016 r. – S. 191-195.
21. Podolchak I.I. Eksperymentalni doslidzhennia zabrudnennia terytorii bilia Lvivskoho polihonu TPV pislia obvalu smittia u travni 2016 r. / V.D. Pohrebennyk, I.I. Podolchak // zbirnyk materialiv 4-ho Mizhnarodnoho Konhresu “Zakhyst navkolyshnoho seredovyshcha. Enerhooshchadnist. Zbalansovane pryrodokorystuvannia”, Lviv, 21-23 veresnia 2016 r. – S. 47.
22. Podolchak I.I. Intehrovanyi metod upravlinnia vidkhodamy pakuvalnykh materialiv / V.D. Pohrebennyk, I.I. Podolchak // Materialy Mizhn. nauk.-prakt. Konf. “Ekoheoforum 2017. Aktualni problemy ta innovatsii”, Ivano-Frankivsk, 22-25 bereznia 2017 r. – S. 71-73.
23. Podolchak I.I. Klasyfikatsiia upakuvan – skladova chastyna intehrovanoi systemy upravlinnia tverdymy pobutovymy vidkhodamy / V.D. Pohrebennyk, I.I. Podolchak // VI-y Vseukrainskyi zizd ekolohiv z mizhnarodnoiu uchastiu 20–22 veresnia, 2017. Zbirnyk naukovykh prats. – Vinnytsia, 2017. – S. 74.

24. Podolchak I. I. Rozvytok intehrovanykh system povodzhennia z vidkhodamy / V.D. Pohrebennyk, I.I. Podolchak // Materialy Kh Mykolaivskykh miskykh ekolohichnykh chytan “Zberezhemo dlia nashchadkiv”, Mykolaiv, 1-2 lystopada 2017 r. – S. 81-83.
25. Podolchak I.I. Vykorystannia svitovoho dosvidu utylizatsii opakovalnykh vidkhodiv v Ukraini / V.D. Pohrebennyk, I.I. Podolchak // Materialy Mizhn. nauk. Symp. SDEV2018 “Stalyi rozvytok-stan ta perspektyvy”, Lviv-Slavske, 28 liutoho-3 bereznia 2018 r. – S. 134.
26. Podolchak I.I. Novitni informatsiini tekhnolohii upravlinnia tverdymy pobutovymy vidkhodamy / V.D. Pohrebennyk, I.I. Podolchak // II Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia “Prykladni naukovo-tekhnicni doslidzhennia”, Ivano-Frankivsk, 3-5 kvitnia 2018 r. – S. 14.
27. Koval I.I. Orhanizatsiia intehrovanoi systemy upravlinnia TPV dlia Lvivskoi oblasti / I.I. Koval, V.D. Pohrebennyk // Zakhyst navkolyshnoho seredovyscha. Enerhooshchadnist. Zbalansovane pryrodokorystuvannia: 5-y Mizhnar. konhres, Lviv, 26–29 veresnia 2018 r.: zbirnyk materialiv. – Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky, 2018. – S. 45.
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. – S. 313-314.

ЗМІСТ

ВСТУП	15
РОЗДІЛ 1	
АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ МЕТОДІВ ТА СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ	21
1.1. Загальна характеристика побутових відходів, їх види та особливості утворення	21
1.2. Європейська стратегія щодо управління відходами.....	26
1.3. Методи та системи управління відходами (світова практика).....	28
1.4. Світовий досвід утилізації опаковальних відходів.....	32
1.5. Сучасний стан управління ПВ в Україні.....	38
1.6. Розвиток інтегрованих систем управління відходами.....	44
1.7. Вибір і обґрунтування напрямку досліджень.....	49
1.8. Висновки до розділу 1	50
РОЗДІЛ 2	
ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПОБУДОВИ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ	52
2.1. Концепція інтегрованого управління відходами.....	52
2.2. Підходи до моделювання інтегрованих систем управління відходами.....	57
2.3. Математична модель показника якості середовища.....	64
2.3.1. Передумови моделі.....	64
2.3.2. Структура даних моделі.....	67
2.3.3. Показник якості середовища.....	67
2.4. Матричні рівняння моделі показника якості середовища.....	68
2.5. Висновки до розділу 2.....	73
РОЗДІЛ 3	
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ УПРАВЛІННЯ ОПАКОВАЛЬНИМИ ВІДХОДАМИ	74
3.1. Опакування та екологічні аспекти охорони довкілля.....	74
3.2. Екологічні загрози опаковальних відходів.....	76
3.3. Класифікація опаковальних відходів для удосконалення інтегрованого управління побутовими відходами.....	77
3.4. Інтегровані методи управління відходами пакувальних матеріалів.....	89

	14
3.5. Методи зменшення кількості опаковальних відходів.....	92
3.6. Висновки до розділу 3.....	95
РОЗДІЛ 4	
АНАЛІЗ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ЛЬВІВСЬКОГО	
ПОЛІГОНУ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ.....	
	96
4.1. Характеристика Львівського полігону ПВ.....	96
4.2. Вплив фільтрату на природні води.....	97
4.3. Оцінювання стану поверхневих та підземних вод.....	104
4.4. Оцінювання рівня забруднення ґрунтів.....	108
4.5. Оцінювання стану атмосферного повітря.....	119
4.6. Експериментальні дослідження забруднення територій біля Львівського полігону ПВ (після обвалу сміття у травні 2016 р.).....	120
4.7. Розроблення рекомендацій щодо покращення екологічного стану територій, прилеглих до Львівського полігону побутових відходів.....	122
4.8. Заходи щодо покращення стану ґрунтового покриття території Львівського полігону ПВ.....	124
4.9. Висновки до розділу 4.....	126
РОЗДІЛ 5	
РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ПОБУДОВИ РЕГІОНАЛЬНОЇ	
ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ.....	
	128
5.1. Організація інтегрованої системи управління побутовими відходами для Львівської області.....	128
5.2. Методологія сортування побутових відходів: організація та контроль на локальному рівні.....	130
5.3. Оцінювання рівня екологічної безпеки регіону.....	143
5.4. Інформаційна система управління побутовими відходами.....	145
5.5. Метод вимірювання концентрації речовини.....	155
5.6. Висновки до розділу 5.....	160
ВИСНОВКИ.....	161
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	163
ДОДАТКИ.....	187

ВСТУП

Актуальність теми дослідження.

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, А. Артюшенко, С. Азаров, Т. Бастригіна, О. Бондар, Л. Голік, М. Гомеля, Я. Гумницький, Т. Гуштан, Т. Довга, Ю. Зеленько, В. Іщенко, С. Кривенко, Г. Крусір, Г. Леськів, Г. Лисиченко, О. Малей, 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. Сірик, 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:

- 1) дослідити стан та тенденції розвитку методів та систем управління побутовими відходами;
- 2) здійснити моделювання регіональної інтегрованої системи управління побутовими відходами;
- 3) розробити класифікацію опаківальних відходів;
- 4) виконати аналіз впливу на довкілля Львівського полігону побутових відходів;
- 5) обґрунтувати підходи до сортування побутових відходів на регіональному та локальному рівнях;
- 6) запропонувати метод підвищення точності вимірювання концентрації речовин;
- 7) 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 рентгенофлуоресцентного 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.

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

2. Уперше розроблено класифікацію опаковальних відходів, що дало змогу узагальнити інформацію про опакування та запропонувати альтернативні підходи щодо їх мінімізації у складі ПВ.

3. 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 вибрати стратегію управління ПВ з метою

мінімізації рівня екологічної небезпеки.

4. 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.

5. 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 опаківальних 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. 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.). The 8-th International Joint Youth Science Forum “Litteris Et Artibus” & 13-th International Conference “Young Scientists Towards the Challenges of Modern Technology” (Lviv, 2018).

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

Структура та обсяг дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота містить вступ, 5 розділів, загальні висновки, список використаних літературних джерел та додатки. Матеріали дисертаційної роботи викладено на 198 сторінках машинописного тексту, з них 162 сторінки основного тексту, ілюстровано 53 рисунками, текст містить 15 таблиць, у бібліографії наведено 197 літературних джерел.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ МЕТОДІВ ТА СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ

Результати розділу 1 опубліковано у наукових працях [12, 25, 52, 71, 73, 87, 90].

1.1. Загальна характеристика побутових відходів, їх види та особливості утворення

Раніше термін “тверді побутові відходи” (ТПВ) було наведено у галузевому нормативному документі України – “Правила надання послуг із збирання та вивезення твердих і рідких побутових відходів”, затверджених наказом № 54 від 21.03.2000 р. Держкомітету будівництва, архітектури та житлової політики України. Згідно цих правил: ТПВ – відходи, які утворюються в процесі життя і діяльності людини і накопичуються у житлових будинках, закладах соціально-культурного побуту, громадських, навчальних, лікувальних, торговельних та інших закладах (це – харчові відходи, предмети домашнього вжитку, сміття, опале листя, відходи від прибирання і поточного ремонту квартир, макулатура, скло, метал, полімерні матеріали та ін.) і не мають подальшого використання за місцем їх утворення [1]. Однак, цей документ на підставі наказу № 391 від 18.12.2008 р. Міністерства з питань житлово-комунального господарства України втратив свою чинність [2]. Тому, відтоді повного означення терміну ТПВ, офіційно затвердженого немає. Замість цього терміну у ст. 1 Закону України “Про відходи” доповнено від 21.01. 2010 р. абзац про означення терміну “побутові відходи” (ПВ). Відповідно до цього доповнення, “побутові відходи – це відходи, що утворюються в процесі життя і діяльності людини в житлових та нежитлових будинках (тверді, великогабаритні, ремонтні, рідкі, крім відходів, пов’язаних з виробничою діяльністю підприємств) і не використовуються за місцем їх накопичення” [3].

Варто зазначити, що у 2012 році до статті 32 Закону України “Про відходи” було додано пункт, за яким в Україні “забороняється з 1 січня 2018 р. захоронення на полігонах неперероблених (необроблених) побутових відходів”. Цей пункт відповідає двом Директивам ЄС – 1999/31/ЄС та 2008/98/ЄС. Вони врегульовують управління відходами у країнах Європи, надають чітку послідовність дій, що необхідно виконувати із відходами, класифікують сміття, ставлять стратегічну мету скоротити кількість відходів, що вивозять на полігони. Однак, імплементація деяких європейських законодавчих норм не є достатньою для становлення гармонізації усього спектру питань у цій сфері. Наприклад, розроблення нового українського переліку відходів відповідно до Рішення Комісії 2000/532/ЄС із визначенням процедури для класифікації відходів і прийняття нового Класифікатора відходів ще не переглядається та не оновлюється [4–7]. Тому, нині ми ще керуємося Державним класифікатором відходів (ДК 005-96), затвердженим наказом Держстандарту України від 29 лютого 1996 р. № 89.

Відповідно до Державного класифікатора відходів ДК 005-96 виділяють такі групи відходів, які можна віднести до побутових відходів: комунальні (міські) змішані відходи: харчові відходи, кімнатне та дворове сміття, макулатура, тара, упаковальні матеріали, дерево, метал. Місцем утворення цих відходів є житлові будинки, адміністративні та суспільні (громадські) організації, підприємства торгівлі, культури, побуту та ін., прибудинкові території, зелені насадження; великогабаритні відходи: старі меблі, холодильники, телевізори, сантехнічне обладнання, дерева, гілки, пеньки та ін.; лікарняні відходи: перев’язочні матеріали, бинти, вата, шприци, кімнатне сміття, харчові відходи, тара, упаковальні матеріали. Місцем утворення цих відходів є лікарні, поліклініки, медичні, кабінети, консультації та ін.; будівельні відходи: відходи будівельних матеріалів та конструкцій, ґрунт, пісок, асфальт. Такі відходи утворюються від знесення старих будівель та будівництва нових, також від проведення капітальних ремонтів будинків і споруд; рідкі відходи: побутові: нечистоти, забруднені та стічні води від миття

непромислових приміщень та прилеглої території. Місце їх утворення – неканалізовані житлові будинки та інші об'єкти.

Особливі (небезпечні) види відходів: побутові небезпечні відходи (миючі засоби, фарби та хімікати, прострочені медикаменти, люмінесцентні лампи, пестициди, добрива тощо); батареї та акумулятори; відходи електричного та електронного обладнання [8–9].

Нині в основному відходи вивозять на заміські полігони, призначені для їх захоронення, частково потрапляють у місця неорганізованого зберігання (близько 10 %), а ще близько 6 % просто осідає на території міста і промислових підприємств. ПВ сучасного міста становлять не тільки епідеміологічну, але й серйозну токсикологічну проблему, тому що вже на стадії збору близько 4 % відходів є токсичними. Дослідження свідчать, що звичайні ПВ великого міста містять більше 100 найменувань токсичних сполук: барвники, пестициди, ртуть та її сполуки, розчинники, свинець та його солі, ліки, кадмій, миш'яковисті з'єднання, формальдегід, солі талію і ін.

Особливе місце серед ПВ займають ртутні лампи, оскільки кожна з них містить від 80 до 120 міліграмів ртуті. Серйозну проблему становлять також пластмаси і синтетичні матеріали, оскільки вони не піддаються процесам біологічного руйнування і можуть тривалий час (сотні років) перебувати в об'єктах навколишнього середовища.

До складу ПВ також входять такі компоненти: харчові відходи, папір, картон, текстиль, скло, пластмаса (у тому числі, ПЕТ- пляшки), метал чорний та кольоровий, дерево, шкіра, кістки, гума, взуття, каміння, фаянс, малі предмети (<15 мм), великогабаритні відходи, будівельні і небезпечні відходи [10]. Встановлено, що у складі ПВ постійно збільшується вміст пластмас, фольги, різного роду тари, поліетиленових плівок і інших упаковок.

Проаналізовано зміну процентного вмісту (%) компонентів, що входять до складу ПВ, за останні 5-8 років. Встановлено такі тенденції цих змін: зростає відсоток полімерних матеріалів (до 40 %), зокрема, виявлено стійку

тенденцію зростання у складі ПВ тари, упакувань, посуду разового користування з полімерних матеріалів, у тому числі з поліетилентерефталату; виявлено, що приблизно 0,1 % ПВ містять небезпечні відходи; ПВ містять велику кількість вологих органічних речовин, які, розкладаючись, виділяють гнильні запахи і фільтрат.

Фільтрат, є найнебезпечнішим чинником впливу полігонів ПВ на компоненти довкілля. Це рідка фаза відходів – потік забруднених вод з маси відходів за межі об'єкту захоронення [11]. Його утворенню сприяє прямий контакт відходів з атмосферними опадами [12]. Особливість небезпечності фільтрату, є те, що ці рідкі продукти гниття, які є органічною складовою побутового сміття, збагачено важкими металами, мінеральними солями, барвниками, поверхнево-активними речовинами, нафтопродуктами, котрі за відсутності належних інженерних споруд потрапляють у поверхневі та ґрунтові води і можуть бути джерелом забруднення навколишнього середовища впродовж багатьох років навіть за умов сучасних інженерних рішень з облаштування сміттєзвалищ [13–14].

Під час висихання продукти неповного розкладання утворюють насичений забруднювачами та мікроорганізмами пил. У результаті відбувається інтенсивне забруднення ґрунтів, повітря, поверхневих і ґрунтових вод, що у свою чергу вбиває флору і фауну. Варто зазначити, що такі об'єкти, як полігони для захоронення ПВ вважаються носієм важких інфекційних захворювань [15–16]. Розносниками патогенних мікроорганізмів є комахи, пацюки, птахи, бездомні собаки та кішки [17–18].

Умовно фільтрат, що випливає з тіла звалища, класифікують на “первинний”, характерний для початкової (кислотної) стадії й “вторинний”, що утворюються в період стабілізації процесів біодеструкції відходів і має у своєму складі порівняно невисокі концентрації забруднень. Проникнення фільтрату у водоносні горизонти забруднює підземні води [19]. Як правило, захист від забруднення ґрунтів та ґрунтових вод здійснюють влаштуванням спеціального протифільтраційного екрану впродовж всього днища та бортів

полігону, системи перехоплення, відведення та очищення фільтрату, а також системи спостережних свердловин для контролю якості ґрунтових вод [20–21]. Поверхневі води можуть забруднюватись або безпосереднім надходженням фільтрату у водні об'єкти, тоді спостерігається максимальний негативний ефект, або при вклинюванні в них забруднених фільтратом підземних вод, що особливо небезпечно в меженний період [22–23].

Захист поверхневих водяних об'єктів від забруднення зливовими та талими водами, що стікають з території полігону, обмеженої лісосмугою, здійснюється очищенням поверхневого стоку та відведенням транзитних поверхневих вод [24–25].

У табл. 1.1 подано дані щодо складу фільтрату різних полігонів звалищ США, Нідерландів, Німеччини, Данії, Росії та України [26].

Таблиця 1.1

Склад фільтрату різних полігонів

Полігони утворення фільтрату	Концентрація забруднювальних речовин, кг/дм ³						
	Хлориди	Сульфати	Нітроген неорганічний	Натрій	ХПК, мг/дм ³	БСК, мг/дм ³	pH
США	96-2350	84 -730	0,22 - 480	85 – 1700	100 – 51000	21700 - 30300	4 - 8,5
США, (“молодий” фільтрат)	2103	н/д	340 - 576	900- 2500	11600 - 110505	7250 – 8000	6,9 -7,1
США, (“старий” фільтрат)	320 - 747	н/д	34 - 47	380-440	96-124	55-63	7, 1-7,2
Нідерланди	743-7122	н/д	438-2250	2988-333	н/д	н/д	н/д
Німеччина	36-125300	18-14968	1-2892		50-35000	41-15000	5, 9-11,6
Данія (“молодий” фільтрат)	2000	500	1000	1500	21000	15000	6-7
Данія, (“старий” фільтрат)	2000	20	1000	1500	2000	200	7-8
Росія	381-2900	150-480	20-720		150-700	1500-4800	6, 6-7,7
Україна	8875	1450-1500	6300		700-1300	520-800	7, 7-9,1

У працях [27–28] описано склад фільтрату, що утворюється на звалищах фільтрату, і шляхи його міграції в підземні води. Показано можливість прогнозування зміни хімічних і фізичних властивостей фільтрату в часі. Моніторинг якості підземних вод з метою запобігання аварійних ситуацій в районах звалищ на прикладі Канади досліджено у праці [20]. Методи контролю за станом якості природних вод в районах звалищ ПВ вивчали в Інституті геохімії Китайської академії наук [29]. Комплексному оцінюванню екологічного стану полігонів і звалищ відходів виробництва та споживання Московської області присвячено праці [19, 30–33].

1.2. Європейська стратегія щодо управління відходами

Сучасна європейська стратегія щодо управління відходами вибудовувалася ще з Рамкової директиви про відходи (75/442/ЄС), прийнятої 15 липня 1975 р., далі нову її редакцію (2006/12/ЄС) прийнято 5 квітня 2006 р. та останню редакцію перевидано 19 листопада 2008 р. З еволюцією цих рамкових директив, змінювались і їх акценти – від безпечного поводження з відходами до переходу суспільства рециклінгу, ресурсоефективності і до сталого виробництва й споживання [34, 35].

Відповідно до підписаної та ратифікованої Угоди про асоціацію між Україною та ЄС, Україна зобов'язалась провести поступове наближення свого екологічного законодавства до норм та стандартів ЄС у сфері охорони довкілля. В ЄС право у сфері управління відходами представлено більше ніж десятьма директивами. З них у список Угоди про асоціацію ввійшли: Директива 2008/98/ЄС Європейського Парламенту від 19 листопада 2008 р. про відходи (рамкова); Директива 1999/31/ЄС Європейського Парламенту від 26 квітня 1999 р. про захоронення відходів із змінами і доповненнями, внесеними Регламентом (ЄС) № 1882/2003; Директива 2006/21/ЄС Європейського Парламенту від 15 березня 2006 р. про управління відходами видобувної промисловості та внесення змін і доповнень до Директиви 2004/35/ЄС.

Директива 2008/98/ЄС – запроваджує заходи із захисту довкілля та здоров'я людей шляхом попередження або зниження негативних впливів виробництва й управління відходами, а також зменшення загальних наслідків використання ресурсів та підвищення ефективності такого використання. Директива ставить досить амбітну мету – наближення Європейського Союзу до “суспільства рециклінгу” [36, 37]. Ця Директива зобов'язує розробити та реалізувати плани управління відходами, які повинні базуватися на ієрархії управління відходами з урахуванням екологічної безпеки (рис. 1.1).

Також плани управління відходами повинні базуватися на принципах самодостатності, наближення, “забруднювач платить”, відповідальності виробника, та принципі обережності [37–43].



Рис. 1.1. Ієрархія управління відходами

Вище наведені Директиви є завданнями, які увійшли в список з Угоди про асоціацію між Україною та ЄС 2014 р. У зв'язку із цим Україна повинна неодмінно адаптувати національне законодавство до європейського екологічного законодавства, зокрема у сфері поводження з відходами.

Тож першим кроком у маршрутній карті, є розроблення регіональних стратегій та планів управління відходами. Це дасть змогу побудувати систему, яка буде логістично та економічно ефективною і вплине на розвиток громад [44]. Виходячи із вище наведеного, кожна область України зобов'язана розробити свою регіональну стратегію управління відходами. Відповідно до цього, Львівська область, вже розробила таку стратегію [45]. Але з метою

належного забезпечення реалізації цієї Стратегії необхідно ще розробити Регіональний план управління відходами [46].

1.3. Методи та системи управління відходами (світова практика)

Багато років тому провідні країни світу також зіткнулись з проблемою накопичення відходів, їх нераціонального використання та дефіциту територій під захоронення [47]. Ці країни зуміли подолати цю проблему та ще й перетворити її на один із факторів підвищення економічної складової країни.

Яскравим прикладом управління відходами є Швеція, яка на сьогодні, є безперечно, однією з провідних країн світу щодо рівня соціально-економічного та особливо екологічного розвитку.

У 2017 р. кожен швед продукував 473 кг побутових відходів у порівнянні з 467 кг на людину в 2016 році [48]. За даними [48–49] у Швеції впродовж 2010-2017 рр. прослідковується така тенденція способів управління побутовими відходами (табл. 1.2). За допомогою вдало організованої системи сортування, Швеція здатна перетворити більшість своїх відходів в енергію. Із її 32 заводами з переробки відходів в енергію, Швеція тепер вважається світовим лідером у цій області.

Таблиця 1.2

Динаміка способів управління ПВ у Швеції

Спосіб Управління ПВ	2010 (%)	2011 (%)	2012 (%)	2013 (%)	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
Перероблення	33,7	32,8	32,3	33,00	35,9	35,1	34,6	33,8
Біологічна обробка	14,8	15,0	15,3	16,0	15,8	15,5	16,2	15,5
Спалювання	50,5	51,4	51,6	50,3	47,6	48,6	48,5	50,2
Захоронення	1,0	0,9	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,5

У Швеції досить ефективно використовують відходи для обігріву будинків [50–51]. У Хельсінборзі, на півночі Швеції, біля 40 % будинків опалюють завдяки енергії, отриманої під час спалювання відходів.

Еталоном відношення до сортування та переробки ПВ є Швейцарія.

Цьому посприяла розроблена та втілена у практику нова екологічна політика. Наприклад, у місті Цюрих, що на північному сході Швейцарії, з метою скорочення відходів, діє спеціальна програма, яка реалізує три складові її мінімізації:

- використання спеціального мішка для відходів “Цюрих-сак” (мішок єдиного зразка можна придбати лише у оператора з управління ПВ за досить високу ціну, в іншому пакованні відходи не вивозять. Вартість мішка і є оплатою за вивезення відходів);

- впровадження повторного використання матеріалів, які підлягають переробці;

- проведення потужної інформаційної кампанії для мотивації мешканців до компостування біовідходів.

За кожен кілограм ПВ мешканцям Швейцарії доводиться платити, наприклад, п’ять кг відходів обійдеться близько трьох франків. Тому, більшість місцевих жителів несе все, що можна, до пунктів приймання вторинної сировини, де віддати старий комп’ютер або стару дитячу коляску нічого не коштує. Штрафи за порушення правил поводження з ПВ сягають 250 швейцарських франків. Нині програма єдиного мішка “Цюрих-сак” та інші заходи програми користуються підтримкою 97 % жителів міста [52–54]. Варто відзначити, що рівень рециклінгу скла досяг 95 %, алюмінієвої тари – 91 %, жерстяної тари – 84 %, паперу та картону – 82 %, ПЕТ-пляшок – 81 %, батарейок – 71 %.

Дані Євростату показують, що Німеччина має найвищий рівень переробки та компостування муніципальних відходів всіх держав-членів ЄС, що становить 64 %. Однак, якщо не враховувати частку компостування, то частка переробки відходів в Німеччині становить лише 47 %, відразу після Словенії на 49 %, що свідчить про те, що у Німеччині також є сильний підхід до компостування [55–56]. За даними [57] у Німеччині з року в рік зростає загальний обсяг перероблення відходів. Управління відходами в Німеччині перетворилося на великий і потужний економічний сектор: понад 270 тис.

чоловік працюють в 11 тис. компаній, що мають річний оборот близько 70 млрд. євро. Понад 15 500 об'єктів з управління відходами допомагають зберегти ресурси переробленням та іншими операціями з відновлення. Нині Німеччина має високі коефіцієнти вторинного перероблення – 67 % для побутових відходів, близько 70 % – для виробництва та комерційних відходів, та майже 90 % для будівельних відходів.

У Німеччині переробленням упаковальних матеріалів займається дев'ять компаній, лідером у цій області стала компанія “Дуальна система Німеччини”, більше відома під брендом “Зелена крапка” [53, 58–61]. 14 % всієї сировини, яку використовують у німецькій промисловості, отримано з відходів. У Італії, Бельгії, Данії, Австрії, Нідерландах сортування побутових відходів населенням матеріально стимулюють [62–64].

Місцева влада у Великобританії регулює вартість роздільного збору, а саме стягненням плати за надання ємностей для змішаних відходів (так, як це є в Україні – плата за вивезення ПВ), але контейнери для компостування і роздільного збору надають безкоштовно. Це означає, що людина, яка сортує відходи, не платить за їх вивезення. Цей спосіб заохочення доцільно використати в Україні для сільської місцевості та приватного сектору, де кожен відповідає за свої відходи [65–66].

Сміттеперероблювальні заводи у Японії працюють за новітніми екологічними технологіями. Діоксинів тут не отримують, що є головною проблемою таких заводів [67–70].

Нині Швейцарія, Швеція та Німеччина практично відмовилися від полігонів побутових відходів [70]. Ці країни інвестують кошти у такі методи управління відходами – сортування, спалювання та перероблення. У Румунії, Польщі, Чехії, Латвії, Угорщині та Литві більшість своїх відходів утилізують на полігонах побутових відходах, а перероблення, спалювання та сортування займає незначну частку.

Сьогодні існує низка альтернативних проектів з перероблення ПВ, наприклад збір і перетворення звалищного газу на електроенергію, тепло або

пару, і навіть використання як автомобільного палива. Такі проекти активно реалізують в США та в більшості країн Європи (зокрема, Німеччині, Австрії, Данії, Швеції, Бельгії). У Європі лідером з виробництва енергії з побутових відходів є Франція, де працює близько 130 заводів з утилізації відходів, які виробляють 3,34 млрд. кВт/год. електроенергії і 9,44 млн. Гкал теплової енергії на рік [68]. На рис. 1.2 показано управління відходами у різних країнах Європи. Згідно наведених даних, можна констатувати, що від захоронення відходів цілком відмовилася тільки Швейцарія, до цього всього вона використовує тільки чисті технології – спалювання з відновленням енергії, у порівнянні з Німеччиною, яка використовує метод спалювання відходів без отримання енергії. Однак, з поміж усіх інших країн, саме Німеччина найближче наслідує позиції Швейцарії щодо практичної відмови від захоронення на полігонах.

Отже, продовж десятки років країни Європи отримали досвід з утилізації відходів, удосконалюючи методи управління відходами відповідно до своїх особливостей.

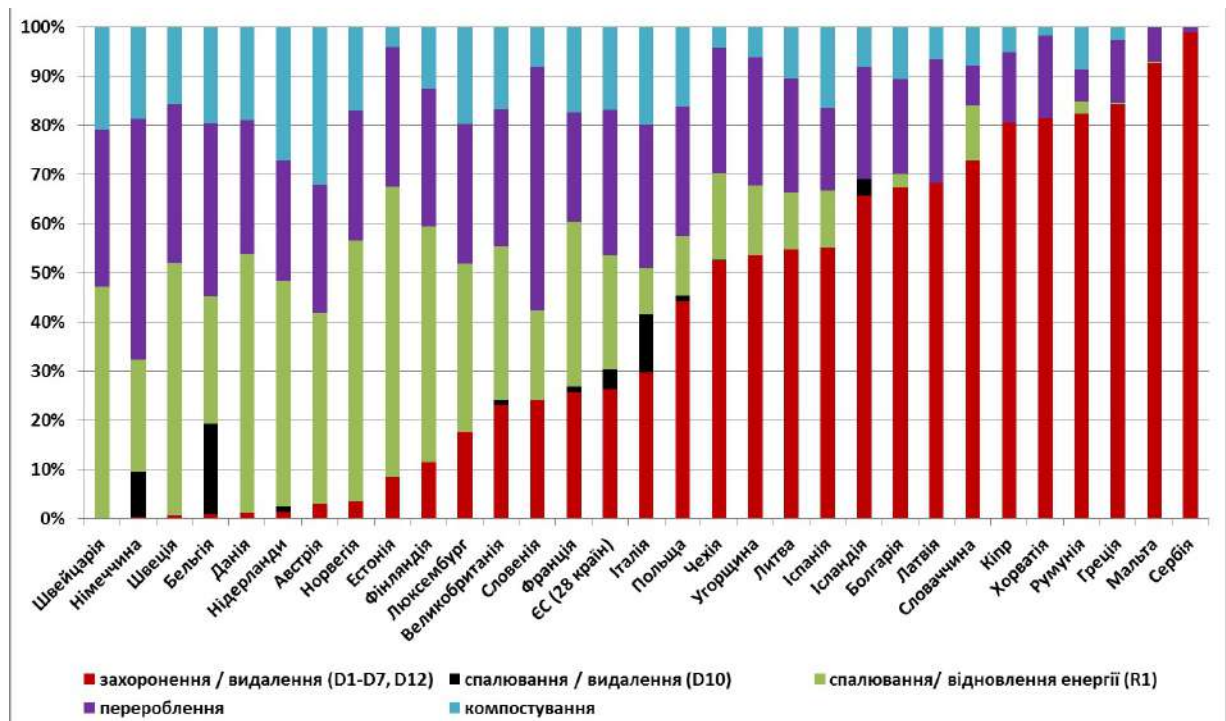


Рис. 1.2. Управління відходами у країнах Європи

1.4. Світовий досвід утилізації опаковальних відходів

Одним із динамічних ринків у світовій та національній економіці є опаковальна індустрія. Вона стала важливою ланкою в економіці, але водночас стала джерелом неконтрольованого знищення природних ресурсів. Тому така промисловість ще породжує проблему утилізації відходів. Бурхливий розвиток виробництва та споживання опаковальних матеріалів (ОМ), зокрема полімерних і комбінованих, різко загострив екологічні проблеми. Проблема утилізації опаковальних відходів (ОВ) постала перед всіма країнами світу, зокрема й в Україні.

Нині світове виробництво ОМ досягає 1 млрд 350 млн т, у тому числі паперу та картону – 500 млн т, полімерів – 300 млн т, скла – 40 млн т, металу – 150 млн т, більшість з яких має підлягати утилізації. Споживання упаковок на душу населення вражає, наприклад у країнах Європи ОВ на одну людину за рік складають 100 – 170 кг, у США – 230-280 кг, в Японії – 400 кг і мають тенденцію до зростання [71, 72].

Що стосується видів упаковок, то нині щорічний приріст попиту на них становить: 1,5 – 3 % на упакування для продтоварів; 4,5 – 5 % побутової техніки, 2,5 – 3 %, для косметики і фармацевтичної продукції та 1 – 1,5 % на іншу продукцію. В Україні значну частину обсягу ПВ становлять ОВ, при цьому спостерігається стійка тенденція до їх збільшення. Це зумовлено стрімким зростанням їх споживання [71].

У праці [73] виконано аналіз світових систем управління утилізацією ОВ. Дослідження світового досвіду утилізації ОВ висвітлено у праці [72]. У [74] наведено основні шляхи утилізації ОВ, їх переваги та недоліки. Однак, ці дослідження не дають повної обґрунтованості у прийнятності застосування таких систем утилізації в Україні з нестабільною економікою та своєрідним менталітетом її громадян. Тому, ці дослідження зосереджено саме на пошуку оптимальної системи утилізації ОВ для України.

Кожен українець генерує не менше 100 кг ОВ на рік, що ставить Україну в один ряд з такими країнами, як Польща та Чехія [75]. Відсутність ефективної системи управління ОВ призводить до щорічної втрати вагомого ресурсного потенціалу для переробної промисловості України у вигляді відходів паперу і картону від 0,5 до 0,6 млн. тон, скла – 1,0 млн. тон, полімерів – 0,6 млн. тон та ін. Водночас, погіршується і так несприятлива екологічна ситуація. Облік утворення, перероблення та утилізація ОВ на державному рівні не виконується. Не реалізується також і європейська модель принципу розширеної відповідальності виробника (РВВ), суб'єкти господарювання не несуть відповідальності за подальшу утилізацію використаних упаковок.

ОВ як сировинний потенціал можуть замінювати первинні ресурси і відіграють важливу роль в розвитку економіки, сприяючи ресурсозбереженню і забезпеченню сировинної незалежності держави, створюючи додатковий експортний потенціал тощо. Тому доцільним є максимально широке та економічно ефективне їх використання [76].

Всі європейські країни виконують Директиву, яку Європарламент прийняв ще у 1991 р. Директивою поставлено завдання: до прийняття державами власних законів забезпечити перероблення не менше 50 % кожного із ОМ, а 25 % відходів – використовувати як сировину під час вторинного перероблення. У результаті виконання норм і правил цієї Директиви та застосування принципу розширеної відповідальності виробника (РВВ) 34 європейські країни досягли значних успіхів у використанні ОВ як вторинної сировини. 485 європейських компаній фінансують систему РВВ. Близько 400 млн. мешканців Європи мають доступ до їх роздільного збирання за системою РВВ. Понад 35 млн. т цих відходів щорічно утилізують та переробляють у вторинну сировину. При цьому більше 26 млн. т CO₂ не були викинуто в атмосферу Європи [77].

Нині метою країн ЄС є збільшення відсотку (%) перероблення упаковальних відходів до 2030 року. Відповідно до Національної стратегії

управління відходами до 2030 року, Україна також має мету підвищити норми перероблення цих відходів (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Норми перероблення опаковальних відходів

Тип відходів	Норма перероблення в Україні сьогодні	Мета 2030	
		Згідно Національної стратегії	Згідно директиви 94/62/ЄС
Відходи загалом	12-14 %	65 %	70 %
Скло	15-18 %	75 %	75 %
Папір	22-25 %	75 %	85 %
Метали	1%	75 %	80 %
Алюміній	3-5 %	75 %	60 %
Пластик	10-12 %	60 %	55 %
Дерево	3-5 %	65 %	30 %

У кожній розвиненій країні діє система з перероблення й утилізації ОВ, у низці країн прийнято і успішно діють спеціальні національні програми: у Бельгії (Fost Plus), Данії (Action Plan for West and Recycling 1993-97), Німеччині (Grüne Punkt), Австрії (ARA), Франції (Eco – Emballages), Іспанії (Punto Eco – Embfilges), Польщі (BIS System) тощо. Лідерами з перероблення та вторинного використання цих відходів є Німеччина (переробляється більше 70 % відходів), Нідерланди (65 %), Австрія (60 %) [78–79, 72].

Яскравим прикладом повторного використання ОМ у Великобританії є пляшки з-під молока, котрі щоранку збирають у населення. При чому скляна тара використовується одноразово, її відправляють на переплавку. Основними союзниками скляної промисловості є супермаркети, адже майже 60 % з них мають приміщення для їх збору [72].

У Швейцарії злагоджено працює система утилізації ПЕТ-пляшок, яку забезпечують самі споживачі за особистий рахунок. Вартість їхнього перероблення закладено в ціну продукту, що дозволяє оплачувати їх збір та транспортування. У результаті утилізації підлягають 83 % усіх лавсанових

пляшок. Як інформує Федеральне відомство охорони довкілля Швейцарії, зараз лавсанових пляшок в обігу знаходиться в чотири рази більше, ніж усіх інших видів пластику. Однак, сьогодні Швейцарія намагається створити національну систему утилізації усіх видів пластикових відходів. Ідеальним рішенням вони вважають повернення опаккування у магазини. Для цього вони мають намір переконати торговельні мережі підтримати такий проект [80].

Проблема ОВ актуальна в Японії, де щороку утворюється їх 50,5 млн т. Японці більшість відходів (до 75 %) спалюють і тільки біля 12 % направляють на перероблення. В Японії використаний папір збирають і переробляють на новий. Органи місцевого самоврядування забезпечують сортування близько 2,57 млн. т твердих відходів в рік, організації споживачів – ще 2,14 млн. т. ПВ використовують для виробництва екологічного цементу, який застосовують для виготовлення з'єднувальних блоків чи кубів для укріплення морських берегів. У межах берегової зони утворено півострови з відходів висотою в декілька десятків метрів.

Австралію здавна називають “зеленим континентом” і це доводить політика, пов’язана зі зменшенням кількості виробництва ОМ. Сутність такої політики полягає в тому, щоб менше їх виробляти. А опаккування, без якого не можна обійтися, необхідно виготовляти так, щоб його можна повторно переробляти і не шкодити довкіллю.

Країни світу можна класифікувати за відношенням до проблеми утилізації ОВ:

1. Держави, які захоронюють більше 40 % ОВ – США, Австралія, держави Східної Європи, Південна Корея, Гонконг;
2. Країни Західної Європи, Японія, Сінгапур, Тайвань більше 20 % ОВ спалюють, перетворюючи на енергію;
3. У Мексиці, Туреччині, Марокко і переважній більшості держав “третього світу” не менше 30 % ОВ закінчують свій шлях на несанкціонованих звалищах.

Слід відзначити, що екологічність і рециклічність упакування в Україні не є визначальним чинником споживчого вибору харчових продуктів і місця для здійснення покупки. Пріоритет залишається за “гарним співвідношенням ціни і якості”. За інтернет-дослідженням компанії “Nielsen” лише кожен четвертий (28 %) під час купівлі продуктів харчування звертає увагу на використання екологічного упакування, тоді як в Індії та Китаї – 39 % опитаних, Бразилії та Ірландії – по 36 %. Кожен другий “екологічно орієнтований” споживач для того, щоб знизити навантаження на довкілля готовий відмовитися від них, котрі виробники харчових продуктів пропонують для компактності зберігання в домашніх умовах (49 %), транспортування (47 %), а також від упакування для розігрівання продуктів, чи контейнерів для зберігання продуктів (48 %). Споживачі готові відмовитися від наявності гігієнічного упакування харчових продуктів, що забезпечують недоторканість продукту (27 %); збереженість і гарний товарний вигляд (30 %); допомагають довше зберегти товар свіжим і придатним до споживання (34 %). Слід зазначити, що кожен десятий учасник опитування повідомив, що не готовий відмовитися ні від якого їх виду – навіть заради того, щоб знизити навантаження на довкілля.

Вторинне перероблення передбачає використання відходів полімерних матеріалів як основної чи допоміжної сировини для випуску нової продукції, тобто вторинних матеріальних ресурсів. Відомо, що ціна вторинної полімерної сировини коливається від 2 до 19 грн/кг, що у 1,5-4 рази нижче, ніж ціна на первинну сировину.

Кількість біологічних полімерів, які отримують з відновлюваної сировини, становить лише 1 % від усього ринку полімерів. Рослинна сировина є важливою альтернативою нафти, поклади якої неперервно виснажуються. Біологічні полімери, одержують нині на основі деревних компонентів та однорічних рослин, що містять крохмаль (картопля, кукурудза, пшениця, рис) і целюлозу. Біоупакування містять натуральні інгредієнти або добавки, що спричиняють швидкий розпад поліетилену, і при цьому зберігають всі зручності, до яких звикли споживачі, і в той же час, не шкідливі для довкілля.

Вони коштують дорожче, ніж звичайні пластикові, їх можна використовувати для середнього цінового сегменту. Але вони з часом стануть доступнішими [81–82]. Тому їх можна отримати і за допомогою деяких бактерій, грибів та водоростей.

Зокрема, Компанії EPI Environmental Technologies Inc. (EPI Group), м. Ванкувер (Канада), належать практично всі дослідження в області біорозкладного пластику. Працюючи зі всесвітньо відомими вченими в цій галузі, вона продукує TDPA добавки (оксо-біорозкладні добавки). Такі добавки біорозкладають звичайні полімери. Дуже важливо відзначити, що наявність добавки ніяк не змінює властивості базового полімеру і, відповідно, готового виробу. Опакування, виготовлене із застосуванням добавки, буде таким ж міцним, добре фарбуватиметься та прозорим.

Процес біорозкладання має два етапи: на першому етапі пластмаса розкладається окисленням добавок під дією тепла, ультрафіолетового випромінювання сонця; на другому етапі під дією мікроорганізмів в природних умовах [82].

У Великобританії виготовляють біологічні розкладні ОМ (із кукурудзи, крохмалю, рисових плівок, волокон). На опакування з крохмалю можна наносити кольоровий друк, матеріал термозварюється, у ньому продукти можна ставити у мікрохвильову піч. Отже, саме це є сьогодні важливим сигналом для виробників ОМ.

Деякі країни під тиском громадських екологічних організацій приймають законодавчі акти на заборону або обмеження у використанні деяких видів упаковок (наприклад, полімерні пакети, яких щорічно виробляють у світі біля 5 трлн одиниць). Це стосується Австралії, Італії, Франції та деяких інших країн. Наприклад у Кенії набула чинності заборона на використання поліетиленових пакетів. Це означало, що кожному, хто продаватиме, вироблятиме чи користуватиметься такими пакетами, загрожуватиме штраф у розмірі 38 тис. доларів чи до чотирьох років позбавлення волі.

1.5. Сучасний стан управління ПВ в Україні

Управління відходами – збирання, перевезення, оброблення (включаючи відновлення та видалення), нагляд за такими операціями і подальший контроль, догляд за об'єктами видалення відходів після їх закриття, а також діяльність брокерів та дилерів [83].

В Україні нараховується 6,5 тисячі законних і близько 35 тисяч незаконних сміттєзвалищ, загальною площею 7 % території, а це можна прирівняти до площі цілої Данії (понад 43 тисячі км²). Такий відсоток площі території завалений відходами перевищує площу природних заповідників (7 % проти 4,5 %) [84]. Найбільші сміттєзвалища України наведено на рис. 1.3. Ситуація і з кожним роком погіршується. За підрахунками екологів, Україна накопичила 54 млн. м³ відходів; щороку сміттєві полігони поповнюються приблизно на 15-17 мільйонів тонн. На перероблення йде лише десята частина зібраного сміття.



Рис. 1.3. Найбільші полігони ПВ в Україні

За щорічними даними Мінрегіонбуду обсяг утворення ПВ в Україні впродовж 2011-2017 рр. становив: у 2011 р. – близько 52 млн. м³, в 2012 та

2013 рр. близько 59 млн. м³, а у 2014 р. (без урахування даних АР Крим, Луганської області та м. Севастополь) – близько 45 млн м³, у 2015 р. – близько 48 млн. м³, у 2016 р. – 49 млн. м³, у 2017 р. – близько 52 млн. м³.

Аналізуючи наведені дані, необхідно відзначити значне коливання в утворенні ПВ у проміжках 2013 та 2014 рр., де спостерігається різке зменшення їх накопичення, що пов'язано з проявом у цей період кризових явищ в економіці та їх наслідків у державі. Однак, ці чи інші статистичні дані обсягів утворення ПВ в Україні не відображають реальну ситуацію, а тому не є точними. Однією з причин встановлення Мінрегіоном таких приблизних даних є малий відсоток (близько 20 %) населення України, які не охоплено послугою вивезення ПВ. Тому таке явище, як створення несанкціонованих звалищ, самовільне засмічення територій тощо, набуло великих масштабів та відповідно до цього неофіційні показники можуть бути значно більшими. Другою причиною цих неточних даних є відсутність налагодженої практики зважування ПВ. В основному облік ведеться в одиницях об'єму – кубічних метрах (м³). Перерахунок в одиниці маси (т) здійснюється виходячи з густини ПВ, яка складає біля 0,2–0,3 т/м³.

За даними різних авторів, нині в Україні рівень перероблення ПВ становить 10-12 %. Для Європейських країн цей показник складає 85-90 %, для інших країн світу – 65 % [85].

Нині в Україні домінуючими методами управління ПВ залишаються традиційні технології їх утилізації – спалювання та розміщення й захоронення відходів на несанкціонованих звалищах і спеціальних полігонах, які перевантажені та не відповідають нормам екологічної безпеки.

Авторами [86] розроблено інформаційну систему ("CleanSystem"), яка дозволяє здійснювати моніторинг управління ПВ. Вона дає змогу відобразити дані комунальних служб, зокрема, санітарних зон відходів, які їм належать, приватних підприємств та інших об'єктів господарювання про утворення, накопичення, рух та утилізацію цих відходів. Інформаційна система забезпечує вибір ефективної схеми управління цими процесами.

У праці [87] наведено аналіз основних тенденцій розвитку методів і систем управління побутовими відходами у Європі, зокрема в Україні.

Структуру відходів Львівської області, України та Європи показано у табл. 1.4 [88]. Відповідно до цих даних харчові відходи переконливо переважають серед інших в Європі, Україні та на Львівщині. З аналізу структури інших видів відходів Львівської області видно, що переважають відходи вторинних матеріалів, деревини та інших матеріалів. Саме така тенденція є характерною для України. Натомість в Європі переважають відходи з паперу, великогабаритних матеріалів та вторинних матеріалів.

Упродовж останніх років кількість утворених побутових відходів у Львівській області зростає (рис. 1.4) через зміни способу життя (досягнення надмірної комфортності), та недооцінювання населенням природних реакцій на відсутність екологічної рівноваги.

Таблиця 1.4

Структура відходів, %

Вид відходів	Львівщина	Україна	Європа
Харчові відходи	35	45	35
Вторинні полімери	30	13	12
Папір, картон	8	10	33
Великогабаритні матеріали	–	–	10
Скло	12	8	3
Текстильні матеріали	2	6	–
Метали	4	3	5
Деревина	10	1	2
Відходи будівництва	6	5	–

У 2017 р. у Львівській області було спалено – 337 тис. т відходів, утилізовано – 646 тис. т, про що свідчить рис. 1.5 Зміна обсягу спалених відходів у Львівській області з метою отримання енергії відбувається за поліноміальною залежністю 2-го степеня $R^2=0,9121$ (рис. 1.6). Передано на сторону іншим підприємствам – 2955 тис. т, а, решту було видалено на сміттєзвалищах та полігонах – 504 тис. т (рис. 1.7) [89].



Рис. 1.4. Показники утворення відходів у Львівській області (з урахуванням обсягів відходів, зібраних підприємствами від домогосподарств)



Рис. 1.5. Обсяг спалених та утилізованих відходів за категоріями матеріалів у 2017 році у Львівській області

Показники утворення відходів I класу небезпеки з 2000 по 2017 рр. змінюються за поліноміальною залежністю 2-го степеня ($R^2=0,7103$) (рис. 1.8).

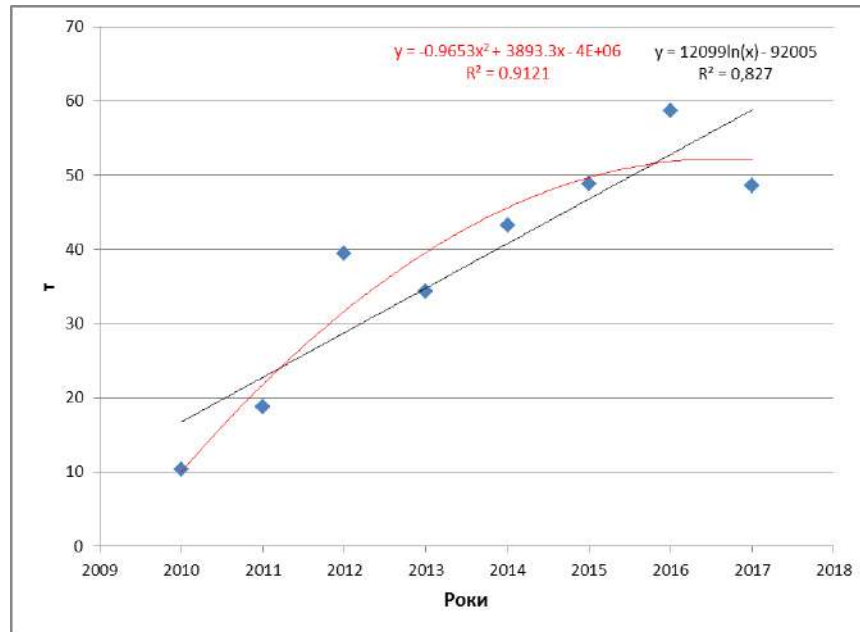


Рис. 1.6. Регресійні залежності обсягу спалених відходів у Львівській області з метою отримання енергії



Рис. 1.7. Обсяг видалених та переданих на сторону відходів за категоріями матеріалів у 2017 р. у Львівській області

Показники утворення відходів II та III класу небезпеки з 2000 по 2017 рр. подано на рис. 1.9. Станом на 2017 р. утворено 40 т відходів I класу небезпеки, 503 т відходів II класу небезпеки, 2102 т відходів III класу небезпеки. Обсяг відходів IV класу небезпеки з 2010 по 2017 рр. становили: 2010 р. – 2483289 т,

2011 р. – 3460339 т, 2012 р. – 3348786 т, 2013 р. – 2650457 т, 2014 р. – 3322559 т, 2015 р. – 2951855 т, 2016 р. – 2771664 т, 2017 р. – 2539460 т.

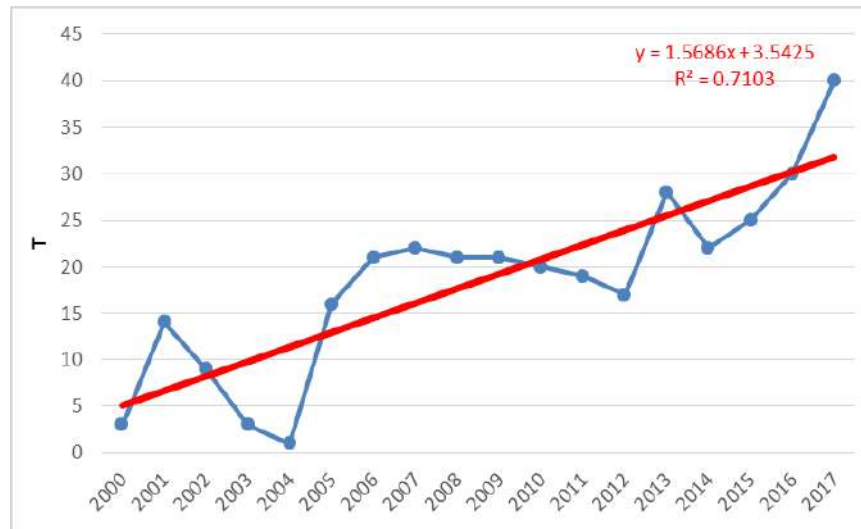


Рис. 1.8. Показники утворення відходів I класу небезпеки у Львівській області за 2000-2017 рр.

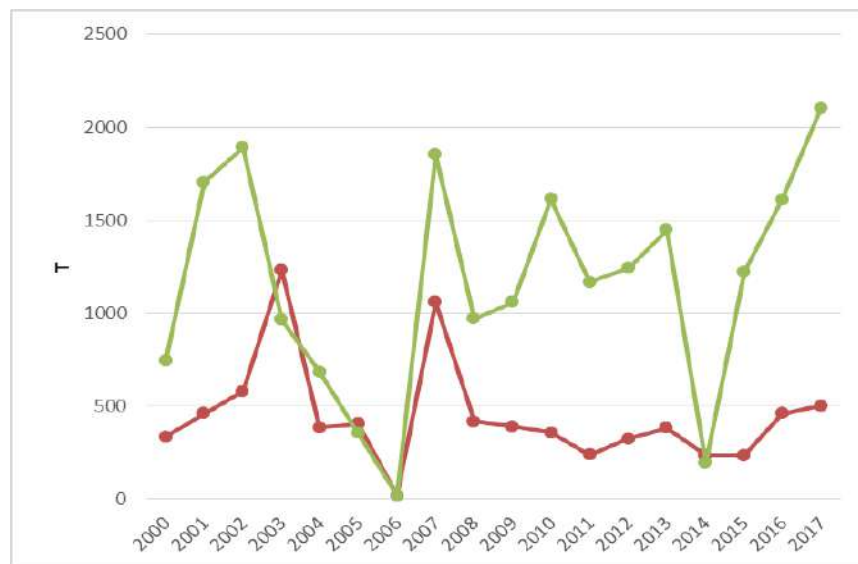


Рис. 1.9. Показники утворення відходів II і III класу небезпеки у Львівській області за 2000-2017 рр. (зеленим – III клас небезпеки, червоним – II клас небезпеки)

Отже, проаналізовано тенденції утворення та утилізації відходів у Львівській області за 2010-2017 рр. Виконано регресійний аналіз зміни обсягу спалених відходів у Львівській області з метою отримання енергії і зміни показників утворення відходів I класу небезпеки. Аналіз цих досліджень дасть змогу спрогнозувати зміни обсягів відходів у Львівській області.

1.6. Розвиток інтегрованих систем управління відходами

У праці [90] описано моніторинг розвитку інтегрованих систем управління відходами. Провідні країни світу удосконалювали системи, технології з утилізації відходів, впроваджували різні концепції та стратегії управління відходами, що й роблять дотепер. Однією з інтегрованих систем управління відходами є концепція “3R” (Reduce, reuse, recycle) – мінімізація виникнення відходів, їх вторинне використання та повернення до процесу виробництва (найчастіше як вторинної сировини) [91–94]. Дана концепція демонструє три основні підходи до вирішення проблеми утворення, накопичення та утилізації відходів.

Першим підходом в ієрархії управління відходами у концепції “3R” є зменшення утворення відходів: купувати товари з меншою кількістю упаковок та зменшити кількість відходів, не створюючи їх. Другим стратегічним підходом у цій концепції є повторне використання предметів, речей тощо. Такий процес запобігає не тільки утворенню відходів, а й заощаджує кошти. Останнім підходом у концепції є вторинне перероблення. Адже європейський досвід свідчить, що перероблення відходів – це успішний бізнес, який, крім економічного прибутку, забезпечує сталий розвиток.

Інструмент концепції “3R” – вторинне перероблення у промислово розвинутих країнах набув широкого значення та поширення. Тому сьогодні цей інструмент став вже окремою стратегією та сферою і називається “рециклінг”. Під рециклінгом розуміють перероблення відходів виробництва та споживання (вторинних ресурсів), причому отримані товари, сировина, вироби з них повторно використовують. Правові засади політики рециклінгу в ЄС закладено 1975 р. у Директиві про поводження з відходами № 75/422/ЄС [95]. Нині чинною є Директива № 2006/12/ЄС [96], завданням якої є заборона несанкціонованого складування, поховання та утилізації відходів, створення спеціалізованих підприємств для перероблення та утилізації відходів.

Згодом з'явилася концепція “4R”, яка є доповненням попередніх “3R” принципів ієрархії управління відходами. Метою концепції “4R” є створення “нульових відходів”. Це може бути досягнуте за рахунок зменшення первинного попиту, повторного використання матеріалів, де це можливо, і перероблення. Концепція “4R”, включає принципи від кращого до перегляду найгіршого варіанту управління відходами. Перший принцип зменшення – полягає у запобіганні утворення відходів. Іншими принципами є повторне використання, перероблення (рециклінг), відновлення з виробленням енергії та захоронення на звалищах [97].

Нині новою інтегрованою системою поводження з відходами є концепція “Zero Waste” (в перекладі з англійської – “Нуль відходів”). Прибічники цієї стратегії вважають, що, доклавши значних зусиль, можна досягти такого стану, коли на звалища не потраплятиме взагалі ніяких відходів. Тобто, усі 100 % побутових відходів можуть перероблятися і в різний спосіб слугувати людям – у вигляді нових матеріалів, товарів або палива. Ця система базується на необхідності максимального використання продуктів та предметів, продукувати менше відходів, уникаючи у побуті пластику, поліетилену, використовуючи речі з органічних матеріалів і такі, які можна переробити.

Концепція “Нуль відходів” має 5 ключових принципів:

- **відмовитися** від непотрібного та неважливого;
- **скорочувати** використання того, що потрібно – мінімізація кількості речей у повсякденному житті;
- **повторне використання** речей. Їм необхідно дати друге життя;
- **здавання на перероблення** усього, від чого не можна відмовитися, кількість якого важко скоротити та повторно використати;
- **компостування** органічних залишків. Використання добрива, яке поліпшує структуру ґрунту.

Надаючи перевагу товарам довготривалого користування, які можна відремонтувати, з матеріалів, які можуть бути переробленими, ми не тільки

сприяємо економіці власних коштів, але й підтримуємо збереження довкілля, та допомагаємо досягти мети, що зветься “Нуль відходів” [98, 99].

Британська компанія Cambridge Consultants з використанням штучного інтелекту та технології машинного навчання розробила систему сортування сміття, яку призначено для розпізнавання типу відходів [100]. Система допоможе визначити, які саме відходи підлягають переробленню, а які варто утилізувати. Ця система сортування містить контейнер із кількома баками та спеціальним сенсором. Перед тим, як кинути сміття у котрийсь із баків, його потрібно піднести до сенсора, і він визначить тип сміття.

В Україні прийнято такі принципи реформи управління відходами [101]:

- відповідність засадам економіки замкненого циклу;
- ієрархія управління відходами;
- інтегрована інформаційна система з управління відходами;
- системність та планованість;
- розширена відповідальність виробника (РВВ);
- інтеграція у ринок відходів ЄС та європейську систему управління відходами.

Удосконалення практичності та ефективності системи управління ПВ викликає необхідність різнорівневого поєднання методів і елементів систем, що передбачають не тільки технічні, а й юридичні, інституційні та економічні зв'язки, спрямовані на досягнення соціальних, економічних та екологічних критеріїв сталого розвитку. Усе це є виявом інтегрування елементів, процесів та технологій.

У різних наукових джерелах поняття “інтегрування” розглядається з різних підходів до застосування у тій чи іншій сфері. Однак поняття “інтегрування” зводиться до одного загального розуміння – це синтез суміжних елементів та процесів, які в поєднанні один з одним утворюють єдину систему, якій притаманні одні і ті ж цілі, завдання та зміст. Отже, “інтегративний” – це комплексний; той, що ґрунтується на об'єднанні частин у ціле [102–103].

Є декілька визначень інтегрованої системи управління (ІСУ):

ІСУ – система, функціями якої охоплюється управління різними видами діяльності в інтересах загальної глобальної мети функціонування.

Інтеграція полягає в об'єднанні окремих частин, підсистем, систем у рамках однієї системи, яка охоплює інформаційні аспекти управління на основі загального програмно-технічного, інформаційного і організаційного забезпечення.

Поняття “інтегрований” у сфері управління відходами також має зміст різноманітних дій, які неодмінно передбачають запобігання утворенню відходів, повторне використання, компостування, спалювання, утилізація та управління логістикою відходів.

Методологія інтегрованого управління відходами передбачає діяльність різних сторін від громадськості та неурядової організації до різної структури виконавчої влади. Для своєї стійкості система інтегрованого управління відходами керується різними механізмами (процесами) функціонування: технічний, екологічний, фінансово-економічний, соціальний, інституційний та політико-правовий.

Інтегрований підхід управління ПВ розроблено в 1980-х роках голландською недержавною організацією WASTE спільно з її партнерськими організаціями [104]. Цю методологію було успішно застосовано в багатьох країнах. Поняття “інтегрований” відображає принцип, який закладено у цей інструмент, – управління відходами складається з різноманітних дій, якими передбачено також і запобігання утворенню відходів та їх утилізація (рециклінг, компостування), а управління здійснюється різними зацікавленими сторонами на різних рівнях.

Інтегроване управління ПВ має три компоненти: учасників (зацікавлених сторін), елементів системи та аспектів стійкості (рис. 1.10) [105]. Необхідно підкреслити рівновагу трьох вимірів, ланцюг технічних елементів є лише одним із них.

Перший вимір (зацікавлені сторони) складається з різних учасників, що мають відношення до управління відходами. Окремо, наприклад, виділено

навіть неформальний приватний сектор. Так, сьогодні в Україні в системі управління ПВ фактично присутні особи, що здійснюють вибір вторинної сировини з контейнерів та на звалищах, так само як і є підприємці, що неофіційно купують відібрану вторинну сировину. І не зважати на існування цього сектора було б неправильним з точки зору усієї системи.



Рис. 1.10. Модель інтегрованого управління ПВ

Другий вимір (елементи системи управління ПВ) – це технічні компоненти системи управління відходами. Верхній рядок (рис. 1.11) відображає компоненти традиційного ланцюга життєвого циклу відходів. Нижній же – компоненти, що з’являються в процесі модернізації галузі (див. рис. 1.12), зокрема й перетворення відходів у товар.

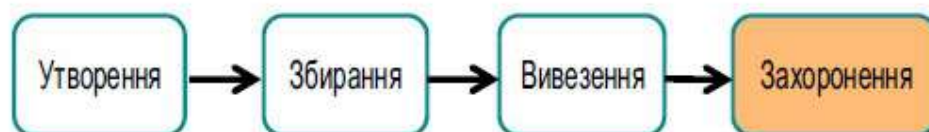


Рис. 1.11. Простий цикл управління відходами

Третій вимір (аспекти стійкості) відображає параметри стійкості системи управління ПВ, її здатність стабільно існувати протягом невизначеного часу.



Рис. 1.12. Модернізований цикл управління відходами

1.7. Вибір і обґрунтування напрямку досліджень

Нині Львівська область, зокрема місто Львів, активно продовжують використовувати застарілий спосіб управління побутовими відходами. Не зупиняє той факт, що із 1 січня 2018 року в Україні запрацювали зміни до Закону “Про відходи”, які передбачають сортування сміття та заборону на поховання неперероблених побутових відходів. Причиною такої незмінної ситуації є чинний Закон України “Про відходи”, який не має переліку та послідовності операцій із сміттям.

Отже, враховуючи накопичений світовий досвід і використовуючи сучасні наукові досягнення, необхідно вжити заходів щодо створення та втілення в життя дієвої системи збирання, сортування, перероблення та утилізації ПВ. При цьому основними напрямками мають бути такі: просвітницька робота серед населення, законодавча підтримка виготовлення ОМ з вторинних матеріалів, забезпечення сортування та організація централізованого збору та вивезення до місць перероблення, створення виробниками спільних центрів з їх перероблення, врахування можливостей

повторного використання і утилізації підчас розроблення нових видів, відновлення й утилізація ОВ із паперу, скла, алюмінію і пластмаси, популяризація виробів із ОВ, перетворення та використання теплової енергії від спалювання цих відходів, стимулювання виробників зменшувати їх кількість, кількість використаного матеріалу та їх агресивність до довкілля.

Отже, інтеграцію систем управління відходами у розвинених країнах давно налагоджено. Для сталого розвитку України необхідно впроваджувати інтегровані системи управління відходами з використанням закордонного досвіду.

Тому, метою дисертаційного дослідження є підвищення рівня екологічної безпеки регіону інтегрованою системою управління побутовими відходами.

Завданнями дисертаційної роботи є:

- дослідити стан та тенденції розвитку методів та систем управління побутовими відходами;
- здійснити моделювання регіональної інтегрованої системи управління побутовими відходами;
- розробити класифікацію опакувальних 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.

1.8. Висновки до розділу 1

1. Виконано аналіз основних напрямків розвитку методів та систем управління побутовими відходами. Розглянуто типи відходів, встановлено тенденцію до зростання у складі ПВ пластмас, фольги, різного роду тари,

поліетиленових плівок і інших упаковок. Встановлено, що опаковальні відходи становлять до 40 % від загального обсягу побутових відходів.

2. Розглянуто екологічно найприйнятніші у світі методи управління ПВ. Наведено приклади організації системи управління побутовими відходами індустріально розвинутих країн.

3. Досліджено світовий досвід систем управління утилізації опаковальних відходів.

4. Проаналізовано сучасний стан управління відходами в Україні. Встановлено, що нині в Україні відсутні ефективні методи та системи управління відходами.

5. Обґрунтовано, що для сталого розвитку України необхідно впроваджувати інтегровані системи управління відходами на регіональному рівні, що стало метою дисертаційної роботи.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПОБУДОВИ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ

Результати розділу 2 опубліковано у наукових працях [87, 90, 121, 133].

2.1. Концепція інтегрованого управління відходами

Сьогодні в Україні склалася критична ситуація довкола побутових відходів (ПВ), що спричинено постійним зростанням їх утворення та накопичення, недосконалими практиками поводження з ними, а також зміною морфологічного складу відходів, яка відбулася впродовж останніх кількох десятиліть.

Сучасна система поводження з ПВ повинна бути спрямованою на увесь цикл управління з відходами – від збирання до захоронення, базуватися на економічно обґрунтованих тарифах, враховувати необхідність інформаційної роботи з утворювачами відходів. Усе це потребує значних інвестицій, професійного підходу, підтримки населення [87, 90].

Концепція інтегрованого управління відходами (Integrated Waste Management) з'явилася в результаті усвідомлення того, що немає жодної технології чи методу, які б повністю вирішували проблему відходів, тому її слід вирішувати комплексно. Традиційні ж підходи до проблеми відходів орієнтувалися на зменшення небезпечного впливу на навколишнє середовище шляхом ізоляції звалищ від ґрунтових вод, очищення викидів сміттєспалювальних заводів тощо.

Незважаючи на те, що в багатьох країнах Європейського Союзу, США, Китаї поховання на полігонах все ще переважає над іншими методами утилізації відходів, у розвинених країнах світу політика в сфері управління відходами націлена на створення інтегрованої системи управління відходами [106].

Вже сьогодні існують країни, в яких проблема побутових відходів (ПВ) вирішується успішно. Наприклад, у Німеччині частка корисної утилізації відходів становить 66 %, а частка термічної переробки з виробництвом енергії дорівнює 32 % [107]. На власному прикладі Німеччина демонструє, що високий рівень переробки та значна частка спалювання відходів можуть бути частиною єдиної стратегії управління потоками ПВ. При цьому, основна увага приділяється мінімізації поховання відходів, збільшенню частки повторного використання всіх можливих матеріалів та рециклінгу, збільшенню частки виробництва енергії з органічної частини ПВ за допомогою біологічних і термічних методів. До того ж в Європі діє заборона на поховання матеріалів, здатних до біологічного розкладання.

В загальному вигляді комплексне (інтегроване) управління відходами має свою ієрархію рівнів (рис. 1.1): 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. Отже, в ієрархії принципів комплексного управління відходами найвищий пріоритет належить попередженню їх утворення, далі знаходяться повторне використання та рециклінг відходів, біологічні методи переробки – компостування або зброджування, спалювання або інші методи термічної переробки ПВ, що супроводжуються виробництвом енергії. Поховання на полігонах є також необхідним, але лише тих відходів, які не можуть бути утилізовані жодним іншим методом. Захоронення ПВ на полігонах також повинно (де це можливо) супроводжуватися виробництвом енергії за допомогою будівництва систем збору та енергетичного використання біогазу, що утворюється в процесі довільного або організованого розпаду біогенних відходів [108]. Саме такий комплексний підхід до управління відходами слід застосувати в Україні.

В Україні проблема відходів є досить гострою і потребує вирішення. Утворення відходів зростає, тоді як переважна частка цих відходів знаходиться на полігонах та звалищах, які розміщені, спроектовані та експлуатуються неналежним чином, наслідком чого є негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людини [109].

Вирішення зазначеної проблеми слід починати із заходів, націлених на роздільну утилізацію компонентів відходів економічними та екологічно прийнятними методами, поступовий перехід до інтегрованого управління відходами на всіх рівнях.

З метою мінімізації утворення відходів слід проводити заходи освітнього, виховного, агітаційного характеру в напрямку переорієнтації виробників і споживачів на продукти та опакування, які є більш безпечними для навколишнього природного середовища, що в майбутньому забезпечать зменшення кількості відходів.

Для заохочення населення до селективного збору сміття, можна запропонувати такі заходи економічного стимулювання: введення заставної вартості тари; зниження оплати за комунальні послуги в будинках, де налагоджений роздільний збір сміття.

Для забезпечення комплексного управління відходами в Україні необхідно дотримуватися таких принципів [110]:

- до різних компонентів ПВ повинні застосовуватися різні підходи;
- всі технології та заходи щодо утилізації різних компонентів відходів повинні розроблятися і використовуватися комплексно;
- муніципальну систему утилізації ПВ необхідно розробляти з урахуванням конкретних місцевих проблем і базувати на місцевих ресурсах;
- комплексний підхід до переробки відходів має базуватися на стратегічному довготривалому плануванні, забезпечувати гнучкість, необхідну для адаптації до майбутніх змін у складі та кількості ПВ, а також доступності технологій утилізації;

– постійний моніторинг і оцінювання результатів окремих заходів, визначених змістом програм комплексного управління відходами;

– обов'язкова участь місцевої влади, а також всіх груп населення у реалізації програм утилізації ПВ.

Отже, рішення екологічної проблеми управління відходами є завданням державного масштабу. Основна мета стратегії екологічної політики України в сфері управління відходами полягає у визначенні та створенні умов, які б забезпечували [105]:

1) запобігання або/і зменшення утворення відходів, екологічно безпечно їх видалення;

2) максимально можливе використання відходів як вторинної сировини та енергетичних ресурсів;

3) екологічно безпечно захоронення лише тих відходів, які не можуть бути утилізовані іншим шляхом.

Для реалізації зазначених пріоритетів необхідно створити інтегровану систему управління відходами та забезпечити впровадження дієвих інструментів і механізмів регулювання й контролю на всіх етапах життєвого циклу відходів.

Складником інтегрованого підходу є також ієрархія шляхів управління відходами. Саме принцип ієрархії формує сьогодні основу політики управління відходами в ЄС. Перший, найбільш бажаний, шлях управління відходами – запобігати або зменшувати їх утворення. Якщо це повною мірою не вдається (а саме так це частіше й буває), використовують другий рівень ієрархії – повторне використання (що доцільно, наприклад, для скляних виробів) або рециклінг (переробка на нові вироби, що доцільно для виробів із пластику, паперу, металу; рівень рециклінгу, наприклад, паперу в Швейцарії в 2009 році сягав 82 %).

Те, що залишається після повторного використання та рециклінгу, потрапляє на третій, найменш бажаний, рівень ієрархії – захоронення на екологічно безпечних санітарних полігонах або використовується для

отримання енергії (наприклад, спалювання). Але ера захоронення завершується. У Швейцарії, наприклад, із 2000 року відмовились від захоронення відходів на полігонах.

Відходи, що не потрапили до циклу повторного використання або рециклінгу, підлягають спалюванню. Виняток складають лише інертні відходи, наприклад, будівельні. В Україні з 2018 року заборонено захоронення на полігонах відходів, які підлягають переробці. Щодо розміщення відходів на відкритих звалищах, то такий спосіб – поза межами закону, тому взагалі не розглядається як рівень ієрархії.

Ще один складник інтеграції – дуалістичний підхід до проблеми управління відходами. З одного боку, управління ПВ – це публічна послуга. Історично управління відходами розглядалось як видалення непотребу від місця його утворення у інше, зазвичай віддалене місце. Відповідно традиційно цим займався публічний сектор – різноманітні комунальні підприємства та служби.

Процес модернізації управління відходами, спричинений екологічною кризою та більш жорстокими вимогами до охорони довкілля, стимулює розглядати цей сегмент діяльності у комплексі, а не лише як видалення відходів. Так виникає другий бік управління відходами – можливість отримання товару. Коли, наприклад, модернізація “піднімає” вартість захоронення (експлуатація екологічно безпечного полігона потребує значних коштів на відміну від звалища), місцеві органи влади починають виявляти інтерес до рециклінгу та компостування щоб зменшити обсяги захоронення та отримати додаткові кошти на управління відходами. На це реагує приватний сектор, і дві сторони починають йти назустріч одна одній. Отже, модернізація стимулює процес інтеграції публічних послуг та перетворення відходів у товар. Іншими словами, окремі види відходів запускаються у нові цикли (рис. 1.11, 1.12). Поступово це відбувається і в Україні.

Головна перешкода створення повного циклу управління ПВ – це значна вартість первинних інвестицій та операційні витрати. Одна невелика

група не має достатньо коштів, щоб первинно інвестувати в створення цілої системи. Водночас економічна ефективність підтримання діяльності системи (операційні витрати) можлива лише при достатній кількості відходів.

2.2. 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 [111-118, 88].

Перший напрямок для побудови моделі систем управління постає з концепції сталого розвитку. Інструменти для прийняття рішень стараються постачати як найбільше інформації з різних галузей, істотних для сталого розвитку. У результаті модель отримує багато особливої інформації з багатьох галузей, що вимушує потребу розроблення техніки використання/агрегування великого обсягу інформації під час прийняття остаточних рішень.

Другим напрямком розвитку моделі управління відходами є відхід від аналізу локальних систем до аналізу великих регіональних систем, як це зараз є на практиці. Процес регіоналізації систем управління відходами спричинено зростанням технічної складності і коштів одиничних інсталяцій, а зокрема пошуку методів зниження коштів одиничних використань відходів до побудови більших систем, які обслуговують цілі регіони. Оскільки звичайно утворюються регіональні системи управління побутовими відходами, то виникає потреба побудови моделі для аналізу таких систем.

Третім напрямком розвитку є моделі аналізу, що виникають під час розвитку реальних систем, є потреба аналізу систем в певних часових діапазонах, а не використання тільки середніх даних. Розвиток технічних систем управління відходами і зростання їх складності спричиняє потребу

аналізування таких систем не тільки на підставі середніх даних, але також зміни їх значень в часі. Це стосується і економічних характеристик, таких як кошти, але також й змін в часі впливу системи управління відходами на природне та суспільне середовище.

2.3. Методологія моделювання інтегрованих систем управління відходами

Системи управління відходами – це набір компонентів (об’єктів, процесів), пов’язаних відносинами [119]. На рис. 2.1 показано схему декомпонованої на підсистеми інтегрованої системи управління побутовими відходами. Як приклад показано перелік елементарних процесів для однієї з підсистем. Критерієм декомпозиції системи прийнято групи відходів. Кожна підсистема підлягає подальшій декомпозиції, враховуючи складові процесів (утворення і нагромадження відходів, перетворення і зшешкодження відходів, логістичні процеси транспорту відходів).

Декомпозиція глобальної системи управління відходами має на меті виділення підсистем, які дають змогу селективного розгляду окремих елементарних процесів, визначених в рамках цих підсистем. Крім того, поділ інтегрованої системи на елементарні складові дасть можливість покращеного їх аналізу і має визначальне значення під час проектування математичної та числової моделі.

Найнижчий рівень у структурі пропонованого ієрархічного дерева мають процеси поширення забруднень у природному середовищі, які відповідають технологічним операціям перетворення відходів. Моделі транспорту забруднень ґрунтуються на рівнянні збереження маси.

Загальне тривимірне рівняння адвекції-дисперсії з членом реакції, що описує механізм транспорту під час адвекції, дифузії і дисперсії має вигляд

$$\frac{\partial C(x, t)}{\partial t} + u \cdot \nabla C = \nabla D \nabla C \pm R_{xn}(C) + S_v(x, t); \quad (2.1)$$

де u – вектор швидкості; x – вектор положення; ∇ – оператор дивергенції (градієнта); D – тензор дисперсії (сума процесів молекулярної та турбулентної дифузії); $C(x, t)$ – зміна концентрації речовини; t – час; R_{xn} – член, що описує хімічні реакції; $S_v(x, t)$ – член джерела і поглинання хімічних речовин.

$$\frac{\partial C(x, t)}{\partial t} + u \cdot \nabla C = \nabla D \nabla C \pm R_{xn}(C) + S_v(x, t).$$

показник аккумуляції забруднень	адвекція	дисперсія	джерела і втрати під час хімічних реакцій
---------------------------------------	----------	-----------	---

Це рівняння після відповідних модифікацій, можна використати для моделювання забруднень атмосферного повітря, а також поверхневих та підземних вод. Використання процесів міграції забруднень в окремих компонентах природного середовища дає можливість аналізування та оцінювання впливу окремих об'єктів чи навіть окремих підсистем або інтегрованих систем на поверхневі та підземні води, ґрунти та атмосферне повітря.

Крім технічного та економічного аналізу (економічної ефективності), екологічний аналіз становить один з основних методів багатоваріантного аналізу систем управління відходами і дослідження взаємодії з природними системами і визначає вибір оптимального рішення.

Багато наукових праць присвячено дослідженню методів, які визначають вплив систем управління відходами на вибрані компоненти природного середовища (атмосферного повітря, поверхневих та підземних вод, ґрунтів). Моделі поширення забруднень повинні як найдокладніше відобразити дійсний стан природного середовища. Завдяки тому з допомогою математичних методів можна описати явища природи, передбачити вплив людини на природне середовище і запобігти надмірному забрудненню.



Рис. 2.1. Схема декомпозиції інтегрованої системи управління відходами

Тому на практиці математичні моделі поширення застосовують для перевірки дотримання норм забруднень, оцінювання впливу на середовище і допомоги у процесі прийняття рішень. З уваги на те, що процеси впливу на середовище є досить складними, тому теж може бути високим рівень складності застосовуваних моделей і програм обчислень.

Моделювання інтегрованих систем управління відходами охоплює такі питання:

- планування варіантів реалізації системи управління відходами;
- аналізування процесів компонентів систем;
- оптимізація елементарних процесів системи управління відходами (керування процесами, впорядкування завдань);
- визначення кореляції між основними елементами і процесами системи;
- ідентифікація структур даних, які описують елементи системи або процеси;
- класифікація даних, процесів, загроз середовищу, спричинених емісією хімічних і біологічних речовин;
- прогнозування змін: перебігу процесів, параметрів процесів, викликаних потоком відходів;
- аналізування міграції забруднень з технологічних процесів перетворення і знешкодження відходів;
- моделювання елементарних об'єктів і процесів;
- моделювання геопримродних даних.

Існуючі моделі управління відходами можна поділити на [120]:

- моделі, в основу яких покладено визначення економічної ефективності СВА (Cost Benefit Analysis);
- моделі на основі екологічного оцінювання циклу життя LCA (Life Cycle Assesment);
- моделі на основі багатокритеріального аналізу циклу рішень MCDA (Multicriteria Decision Analysis).

Зважаючи на складність процесів складових, систем управління відходами, згадані моделі враховують екологічні, економічні та суспільні аспекти згідно з ідеєю сталого розвитку, де мусять бути збережені і враховані пропорції компонентів залежності $E : S : P$ (E – економічний чинник, S – суспільний чинник, P – чинник природничий, екологічний).

Модель СВА опирається на багатоваріантному аналізі розв'язань систем управління відходами та виборі варіанту, для якого виконано критерії, які враховують мінімізацію коштів використаних коштів і одночасно максимізацію екологічної ефективності.

Модель LCA полягає на аналізі потенціальних загроз природному середовищу через емісію токсичних речовин у технологічних процесах утворення окремих елементів у повному циклі життя, тобто від сировини до продукту та відходів.

На відміну від СВА і LCA, в основу моделі MCDA покладено багатокритеріальний аналіз варіантів реалізації систем управління відходами під час використання оптимальних алгоритмів, які засновано на визначенні локальних функцій цілі для окремих елементарних процесів управління відходами.

Методологія MCDA ґрунтується на аналізі ризику забруднення природного середовища внаслідок реалізації процесів перетворення і знешкодження відходів у рамках аналізованих варіантів. Цей метод не дає змогу отримати один оптимальний розв'язок, лише набір розв'язків, що задовольняють задані критерії (обмеження, накладені на змінні задані рішення).

Огляд літератури вказує на брак опрацювань з допомогою комп'ютерних систем прийняття рішень, які дадуть змогу комплексно проектувати чи моделювати системи управління відходами з врахуванням функцій опрацьованих моделей для одиничних процесів.

У роботі розроблено методологію моделювання адаптивних комп'ютерних систем прийняття рішень для моделювання 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). Застосування моделі об'єктів для різних категорій компонентів показано на рис. 2.2.

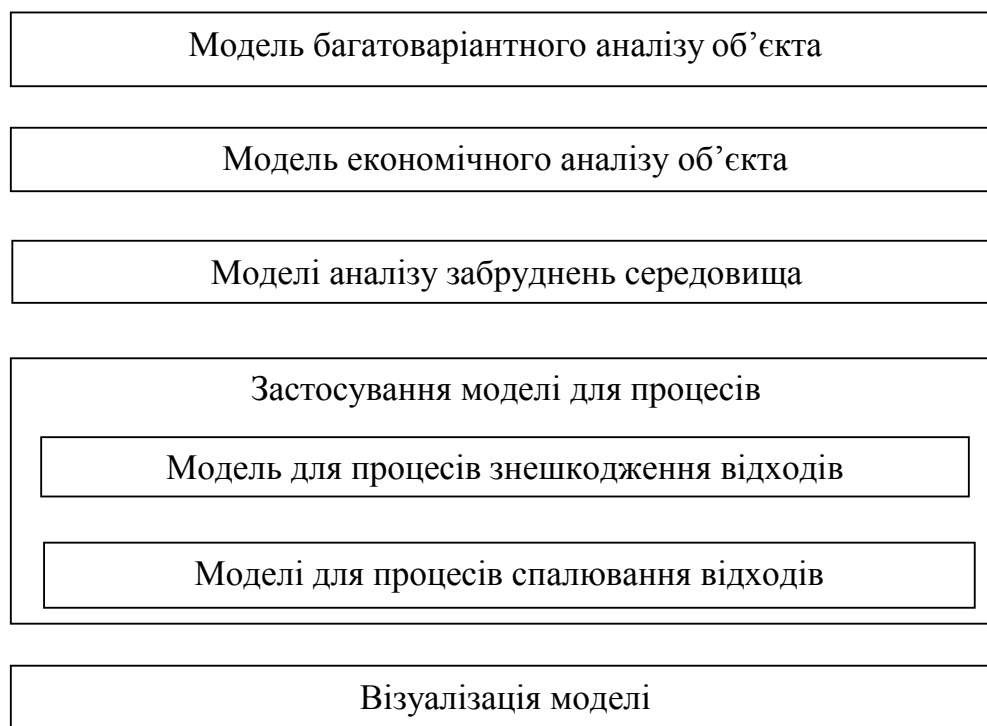


Рис. 2.2 Застосування моделей об'єктів для різних категорій компонентів

Розроблено схему моделі інтегрованої системи управління побутовими відходами (рис. 2.3). Вона містить такі моделі: ArcGIS, компонентів об'єкта, геореляційну базу даних GeoDataBase, економічного аналізу, аналізу довкілля і багатоваріантного аналізу.

Розроблено класифікацію математичних моделей інтегрованої системи управління побутовими відходами: об'єктів; варіантів системи; процесів управління побутовими відходами; природних процесів; топологічні; геометричні; оптимізації; аналізу середовищ; економічного аналізу; багатоваріантного аналізу.

Для імплементації математичної моделі показника якості середовища розроблено модель геореляційної бази даних (рис. 2.4). Топологія об'єктово зорієнтованої моделі аналізу середовища містить логічно пов'язані частини, які становлять відображення цифрових методів (категорія компонентів об'єктів управління даними – Environmental Pollution Analysis Object Model), графічного інтерфейсу користувача (категорія компонентів використання Environmental Pollution Analysis Object Model) і модуля даних, який представляє геореляційну базу даних (Enviro DataModul Object Model), опрацьована з використанням об'єктових компонентів середовища COM (Arc Object) системи ArcGIS.

2.3. Математична модель показника якості середовища

2.3.1. Передумови моделі

У праці [121] розроблено математичну модель показника якості середовища. Дана модель є дискретною, детерміністичною моделлю, яка полягає на аналізі розподілу концентрацій забруднювальної речовини у компонентах довкілля. Методологія визначення значень забруднювальних речовин ґрунтується на моделі Гауса, яка має такий вигляд

$$c(x, y, z) = \frac{E}{2\pi\delta_y\delta_z u} \exp\left[-\frac{y^2}{2\delta_y^2}\right] \left\{ \exp\left[-\frac{(z - H_e)^2}{2\delta_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z + H_e)^2}{2\delta_z^2}\right] \right\}. \quad (2.2)$$

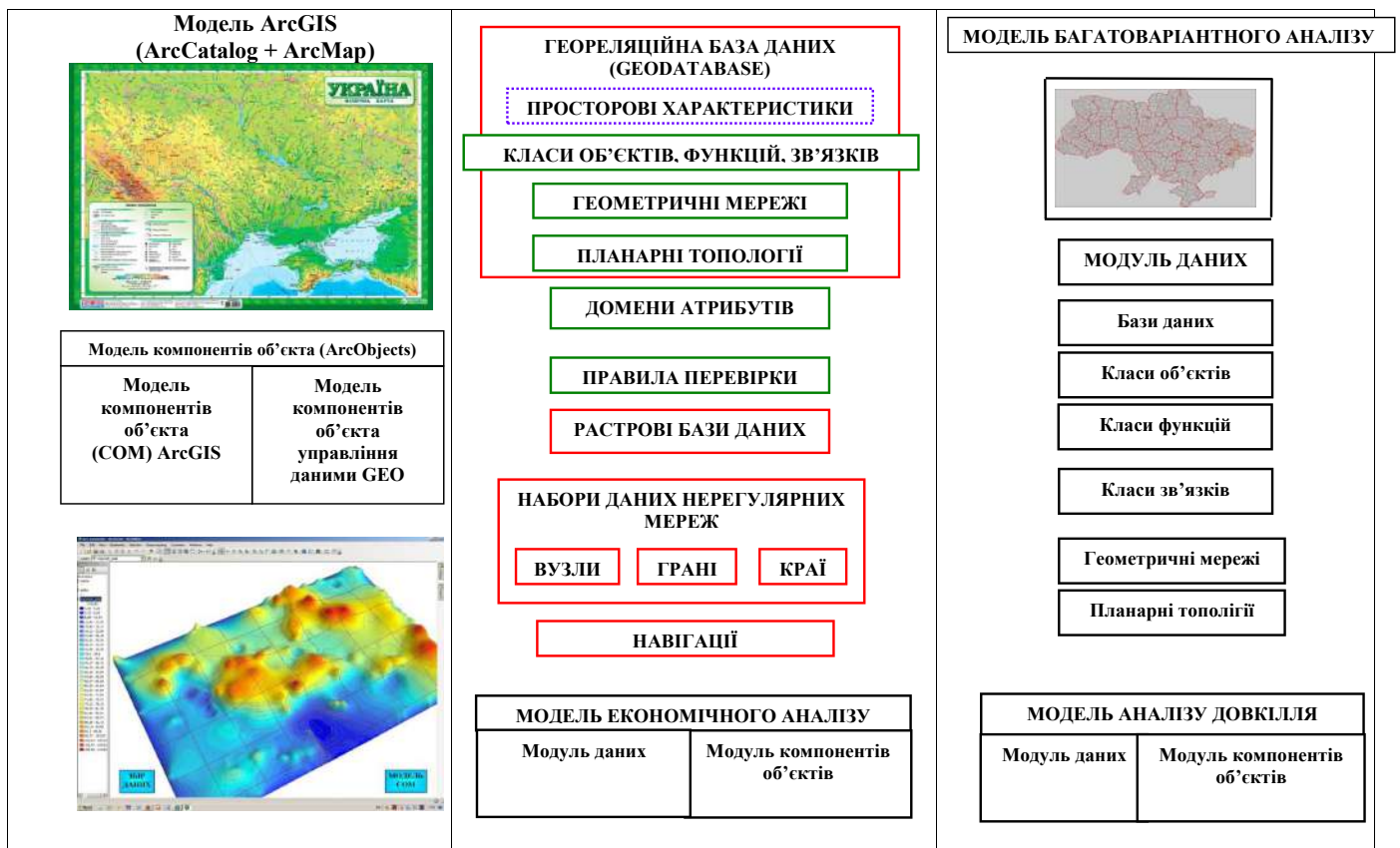


Рис. 2.3. Схема моделі інтегрованої інформаційної системи

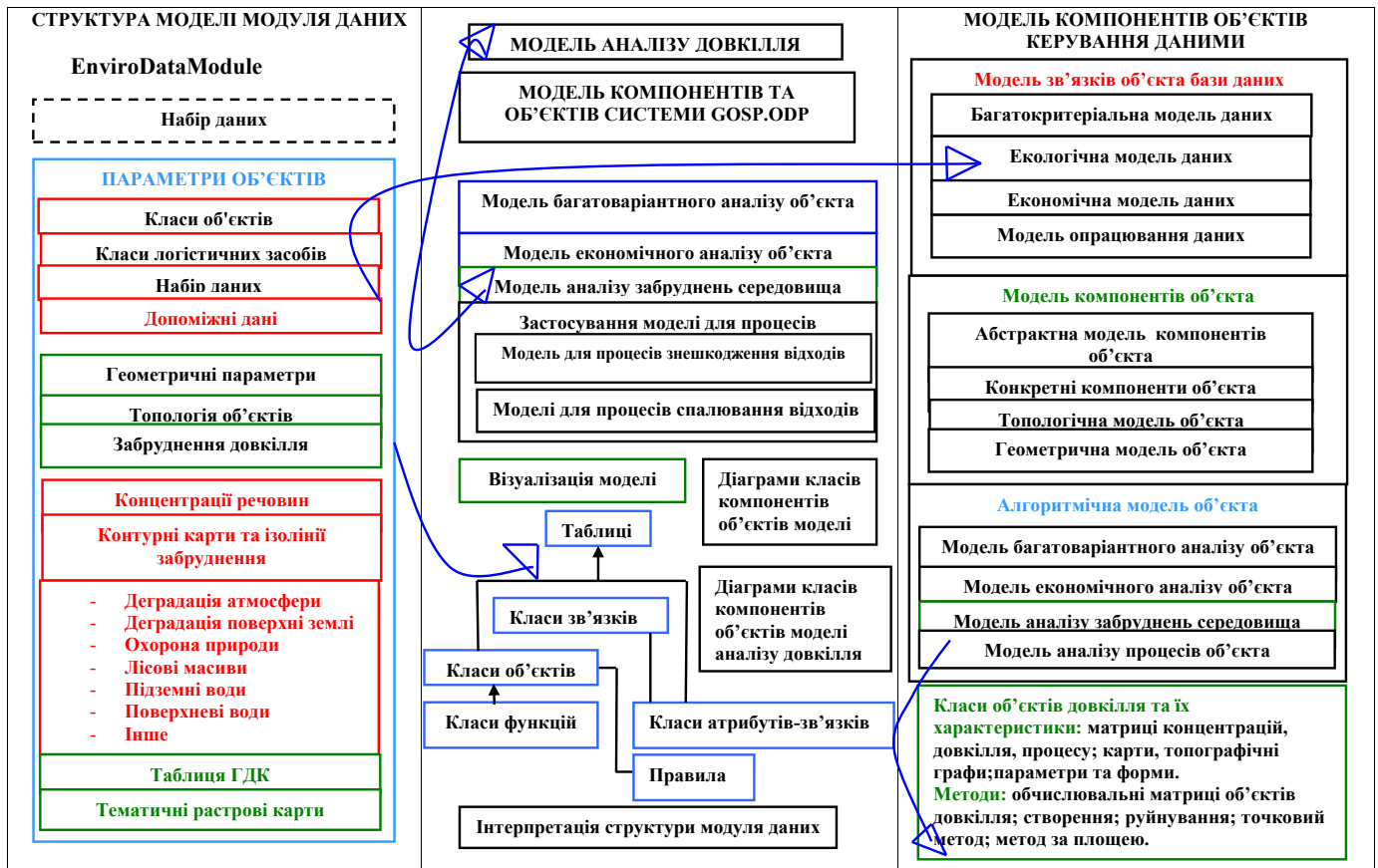


Рис. 2.4. Структурна схема об'єктово-реляційної моделі аналізу середовища

2.3.2. Структура даних моделі

Структура даних моделі показника якості середовища, опирається на параметрах, що описують процес дисперсії забруднень у природному середовищі. Модель поширення забруднень містить модель атмосфери, модель транспорту забруднених речовин і модель обміну результатів обчислень, їх візуалізацію та інтерпретацію.

Структуру даних можна розділити на такі блоки параметрів:

- діапазон модельованого процесу;
- характеристика джерел забруднення: а) тип джерела; б) висота джерела – h ; в) діаметр джерела – d ; г) швидкість газів на виході джерела – v ; г) температура газів на виході джерела – T ; д) власне тепло c_p ; е) максимальна емісія за одну годину – E_g, E_p ; є) середня емісія для певного діапазону (року, сезону або піддіапазону) – E_g, E_p, E_f ; ж) координати джерел – $P_i(x_i, y_i)$; з) цикл зміни емісії і параметрів кожного джерела – (v, T) ; і) час роботи джерел; ї) варіанти праці джерела; к) групи одночасної праці джерел;
- опис топографії території;
- екологічний опис.

До нього входять такі групи елементів: охорона природи; зелені території; деградація ґрунтів; сміттєзвалища; поверхневі води; підземні води; деградація атмосфери; інші – дороги, колії, забудовані території.

- метеодані;
- початкові умови;
- структура хімічних змін;
- параметри часової дискретизації та просторової моделі.

2.3.3. Показник якості середовища

Показник якості середовища для даного варіанту системи управління відходами подамо як прямокутну матрицю W розміром $|k| |i|$:

$$W = (w_{ki}), \quad (2.3)$$

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 $\Sigma\Delta C$ концентрації речовини в процесах складових у підсистемах варіанту від допустимого рівня у даному компоненті природного середовища, віднесеного до даного варіанту. Рис. 2.4 представляє ієрархічну блок-схему системи управління відходами, яка дає змогу отримати матричні залежності показника якості середовища для різних варіантів.

2.4. Матричні рівняння моделі показника якості середовища

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

$$P=OS, \text{ де } P_{pi} = \sum o_{pz} S_{zi}, \quad (2.4)$$

У (2.4)

$$O = (o_{pz}), \quad (2.5)$$

де (o_{pz}) – прямокутна матриця розмірами $|p|z|$, у якій (o_{pz}) – компоненти матриці зв'язків: покриття зборів-об'єкт, які набувають значень 0 або 1. Ця матриця становить відображення топології покриття у графі, який представляє даний варіант.

$$S = (s_{zi}), \quad (2)$$

де (s_{zi}) – прямокутна матриця.

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

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

$$(s_{zi}) = \sum_p \sum_k w_i^p \Delta C_{zi}^k, \quad (2.7)$$

де w_i^p означає компоненти матриці вагових чинників для підобразів екологічної карти (ваги означають вплив речовин i на деградацію природного середовища в підшарі p , $\Delta C_{zi}^k S = |C_{zi}^k - C_i^{dop}|$ – 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,

$$c_{zi}^k = c^k p_k(x, y, z) = \frac{E}{2\pi\delta_y\delta_z u} \exp\left[\frac{y^2}{2\delta_y^2}\right] \left\{ \exp\left[-\frac{(z-H_e)^2}{2\delta_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H_e)^2}{2\delta_z^2}\right] \right\}, \quad (2.8)$$

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.

Більшість емпіричних формул винесення смуги газів мають такі залежності:

$$\Delta h = f x^a u_h^b, \quad (2.9)$$

де f – параметр, який залежить від:

– теплової енергії газів на виході з труби Q :

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} c_{pg} v_g \frac{273,16}{T_g} \frac{P_g}{1013,25} (T_g - T_e), \quad (2.10)$$

де: p_g – тиск газу на виході труби; c_{pg} – теплоємність газів при сталому тиску;

v_g – швидкість газів на виході труби; T_g – температура газів на виході труби;

T_e – температура повітря на висоті труби

або

$$F_g = \frac{d^2}{4} g v_g \frac{(T_g - T_e)}{T_e}, \quad (2.11)$$

де: g – прискорення земного тяжіння; d – діаметр труби; v_g – швидкість газів на виході труби; T_g – температура газів на виході труби; T_e – температура повітря на висоті труби; x – віддаль певного пункту від джерел емісії, визначена вздовж середнього напрямку вітру; a, b – емпіричні сталі, залежні від стану атмосфери; u_h – швидкість вітру на висоті h ; u_e – швидкість вітру на висоті анемометра h_a .

До відомих залежностей для визначення смуги належать:

1. Формула Бріггса:

$$\Delta h = \frac{v_g d + 0,00974Q}{u_h}. \quad (2.12)$$

2. Формула Конкаве

$$\Delta h = \frac{1,126Q^{0,58}}{u_h^{0,7}}. \quad (2.13)$$

У цій гаусовій залежності, яку називають також формулою Паскаля, вважають, що середня швидкість вітру має усереднене значення у шарі смуги забруднення.

Для визначення цих величин можна використати різні залежності. Для прийнятої методології визначення показника якості середовища використовують залежності, запропоновані Сінгером і Смітом:

$$\delta_y(x) = Ax^a, \quad (2.14)$$

$$\delta_z(x) = Bx^b, \quad (2.15)$$

де A, a, B, b – сталі, залежні від стану рівноваги атмосфери, значення яких визначають з таких залежностей:

$$A = 0,08(6m^{-0,3} \ln + 1 - \frac{H_e}{z_0}), \quad (2.16)$$

$$B = 0,38m^{1,3} (8,7 + 1 - \frac{H_e}{z_0}), \quad (2.17)$$

$$a = 0,367(2,5 - m), \quad b = 1,55 \exp(-2,35m),$$

де:

m – метеорологічний показник, залежить від рівноваги стану атмосфери;

z_0 – параметр шорсткості території; H_e – висота ефективної емісії.

Значення параметру шорсткості території залежать від типу покриття терену для літнього та зимового сезонів, усереднених в році. Ці залежності дають змогу визначати середні значення погодинних концентрацій. Для визначення значень концентрацій в інших періодах усереднення застосовують іншу залежність:

$$C_s = C_k \left(\frac{t_k}{t_s} \right)^p, \quad (2.18)$$

де: C_s – середня концентрація в періоді τ_s ; C_k – середня концентрація в періоді τ_k ; τ_k – короткий період усереднення; τ_s – довший період усереднення; p – показник, значення якого визначають емпірично і лежать в межах $0,17 \leq p \leq 0,75$ (для середніх короткотермінових приймають 0,17).

Сумування складових у залежності (2.7) відбувається в підшарах (перший знак суми) і пунктах з максимальними значеннями концентрації забруднювальних речовин (другий знак суми).

Наприклад, для розподілу концентрацій газу NO_x в атмосферному повітрі (рис. 2.5) компонент матриці $(s_{zi}) = (s_{1\text{NO}_x})$, для об'єкту, позначеного як Z1, отримаємо

$$(s_{1\text{NO}_x}) = w_{\text{NO}_x}^1 (\Delta c_{1\text{NO}_x}^4 + \Delta c_{1\text{NO}_x}^5) + w_{\text{NO}_x}^2 (\Delta c_{1\text{NO}_x}^1 + \Delta c_{1\text{NO}_x}^2) + w_{\text{NO}_x}^3 \Delta c_{1\text{NO}_x}^3. \quad (2.19)$$

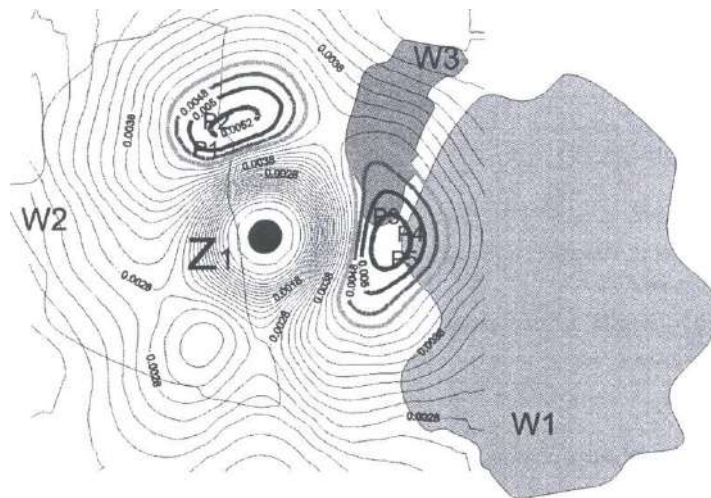


Рис. 2.5. Поєднання карт розподілу концентрацій NO_x для точкових джерел

Матричні рівняння моделі показника якості середовища для i -ої забруднювальної речовини у l -ому процесі для варіанта k для z -го об'єкту або групи об'єктів – джерел забруднень:

$$R = AP, \quad r_{li} = \sum a_{lp} p_{pi}, \quad (2.20)$$

де $A = (a_{lp})$ – прямокутна матриця;

(a_{lp}) – компоненти матриці зв'язку: процес – покриття зборів, які мають значення бінарні 0 або 1; $P = (p_{pi})$ – прямокутна матриця; (p_{pi}) – компоненти матриці зі значеннями відхилень концентрації i -ої речовини для p -го покриття зборів.

Матричні рівняння моделі показника якості середовища для i -ої забруднювальної речовини у s -ій підсистемі варіанту k для z -го об'єкту або групи об'єктів:

$$Y = BR, \quad y_{si} = \sum a_{sl} p_{li}, \quad (2.21)$$

де:

$B = (b_{sl})$ – прямокутна матриця; (b_{sl}) – компоненти матриці зв'язку: підсистема – процес, які мають значення бінарні 0 або 1; $R = (r_{li})$ – прямокутна матриця розміром; (r_{li}) – компоненти матриці зі значеннями відхилень концентрації i -ої речовини для l -го процесу.

Матричні рівняння моделі показника якості середовища для i -ої забруднювальної речовини у варіанті k :

$$W = CY, \quad w_{ki} = \sum c_{ks} y_{si}, \quad (2.22)$$

$C = (c_{ks})$ – прямокутна матриця; (c_{ks}) – компоненти матриці зв'язку: варіант – підсистема, які мають значення бінарні 0 або 1; $Y = (y_{si})$ – прямокутна матриця; (y_{si}) – компоненти матриці зі значеннями відхилень концентрації i -ої речовини для k -го варіанту.

2.5. Висновки до розділу 2

1. Розглянуто концепцію інтегрованого управління відходами, в основу якої покладено ієрархію управління відходами. Інтегроване управління ПВ містить три компоненти: учасників, елементів системи та аспекти стійкості.

2. Проаналізовано підходи до моделювання інтегрованої системи управління відходами. Встановлено, що проблеми управління відходами є одночасно технічними, економічними та суспільними, тому вони повинні послуговуватися інформацією зі всіх трьох напрямків.

3. Запропоновано методологію моделювання інтегрованих систем управління відходами на основі декомпозиції інтегрованої системи управління відходами. Визначено основні класи компонентів моделі: моделі економічного та оптимізаційного аналізу, моделі аналізу середовища, моделі багатоваріантного аналізу.

4. Запропоновано матричні рівняння моделі показника якості середовища.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ УПРАВЛІННЯ ОПАКОВАЛЬНИМИ ВІДХОДАМИ

Результати розділу 3 опубліковано у наукових працях [71, 133, 142].

3.1. Опакування та екологічні аспекти охорони довкілля

Нині зі зростанням продукції та використання матеріальних благ зростає також антропогенне навантаження на довкілля, зумовлене використаними опакуваннями, яке становить до 40 % комунальних відходів. З цього погляду щораз більшого значення набувають проблеми застосування опакowań стосовно виробників, споживачів, так і охорони природного середовища.

Опакування – це вироби з будь-яких матеріалів, призначені для зберігання, охорони, перевезення, постачання або презентації всіляких продуктів, від сировини до товарів [74,122–123].

Згідно з нормативними документами [123–124], опакування поділено на такі категорії:

- опакування одиничне, яке служить до постачання продукту споживачеві у місці закупівлі, призначено для пакування побутових продуктів одноразового вжитку;

- набір (комплект) опакowań, який містить багато опакowań одиничних продуктів, незалежно від того, чи вони постачаються споживачеві, чи теж слугують для забезпечення пунктів продажу, які можна зняти з продукту без порушення його властивостей;

- транспортні опакування, які призначено для перевезення продуктів в опакуваннях одиничних або комплектних, для запобігання їх пошкодженню, за винятком контейнерів для дорожнього, водного або повітряного транспорту.

Схему, яка пов'язує різні типи опакowań, показано на рис. 3.1.

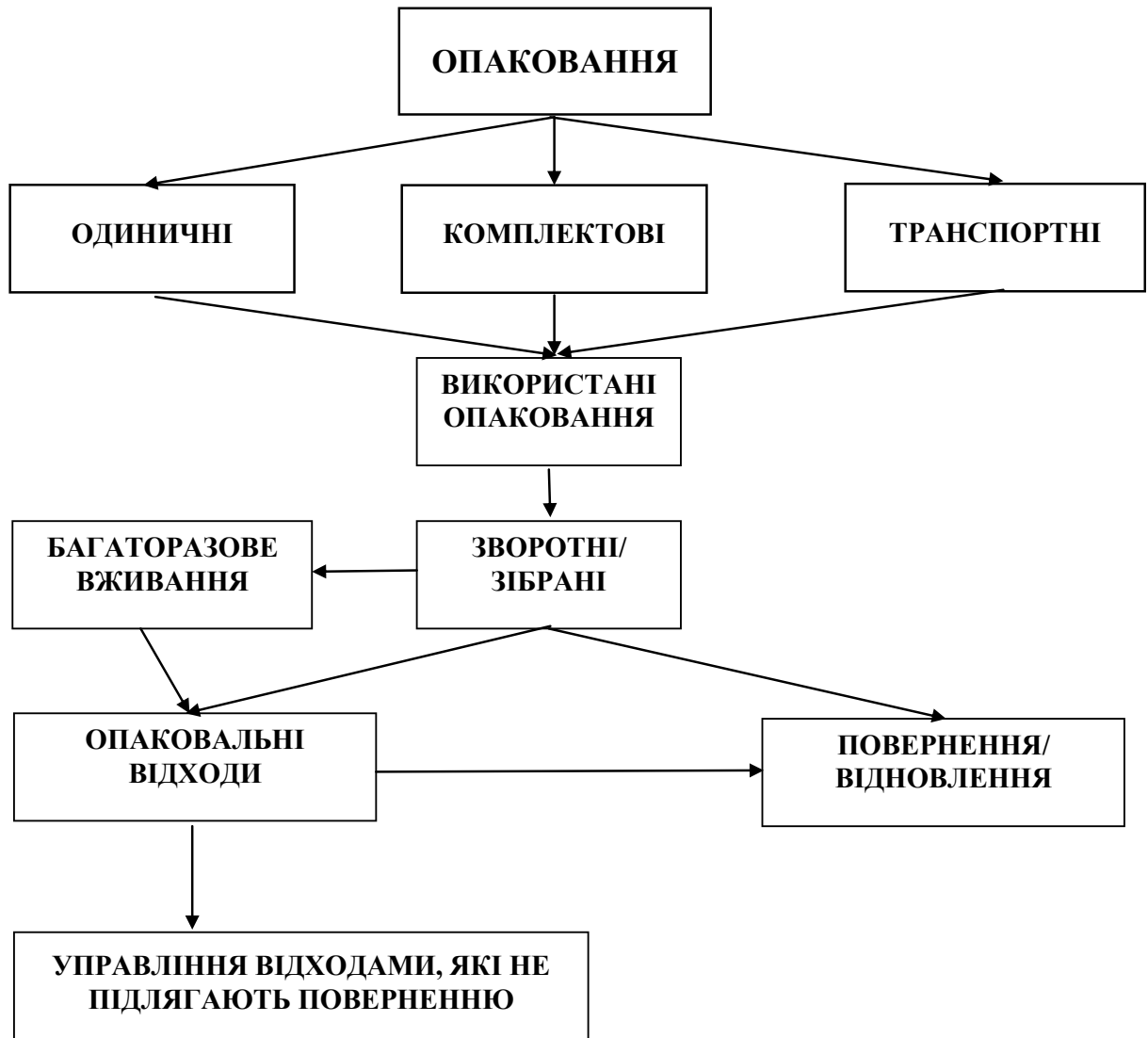


Рис. 3.1. Схема типів упаковок

Кожний тип упаковок після використання вмісту продукту стає упаковкою вживаним. Згідно з нормами “упаковка вживана – це упаковка або його елемент, який залишається після опорожнення вмісту продукту (товару), яке упаковка охороняло і дало можливість його переміщати”. Упаковка, для якої існує система збирання, не обов’язкове для повторного використання, належить трактувати як упаковку зворотне, інакше зібране. Частина з тих упаковок підлягає багаторазовому використанню або операціям, в результаті яких упаковка, призначене і

запроектване до прийняття у своїм циклі життя мінімальне число перевезень або ротації, є повторно наповнюване і застосовується для тої самої мети, для якої було призначено, з використанням допоміжних виробів на ринку і які уможливають повторне наповнення опакування або без них. Такі опакування багаторазового вжитку стануть опаковальними відходами, якщо не будуть подалі предметом багаторазового використання [125].

Особливо важливе місце в екологічному аспекті не тільки стосовно опакувань, але й інших виробів, займає відновлення (recovery). Під тим поняттям розуміють цільові дії, направлені для обмеження кількості відходів, у тому числі й опаковальних. Основними діями запобігання для вживаних опакувань є рециклінг, зокрема компостування, а також отримання енергії.

Опаковальні відходи, які не підлягають згаданим формам відновлення, повинні бути перероблені без загроз для здоров'я, а також без використання шкідливих методів та процесів для довкілля.

Уніфікація основних термінів з проблематики опакувань в екологічному аспекті пришвидшить і покращить заходи для охорони середовища.

3.2. Екологічні загрози опаковальних відходів

Опакування як й інші вироби мають вплив на довкілля. Згідно з нормами “під поняттям впливу на середовище належить розуміти кожен змін в середовищі, як корисну так і некорисну, яка повністю або частково спричинена діями організації або її виробами” [122].

Основні загрози для природного середовища зі сторони опакувань є:

- емісія до атмосфери шкідливих речовин (наприклад, сполук хлору, сірки чи азоту, діоксини, ароматичні вуглеводні, фреони тощо);
- забруднення води і ґрунту (надходження до середовища промислових стоків і шкідливих речовин, джерелом яких є опакування та рештки продуктів під час депонування опаковальних відходів на полігонах);

- вміст в опакованнях і опаковальних матеріалах важких металів (олова, кадмію, ртуті, хрому та ін.), а також шкідливих речовин, які можуть загрожувати здоров'ю та життю;
- навантаження природного середовища опаковальними відходами з продукції та продажу;
- збільшення маси відходів та об'єму використаних упаковок у комунальних відходах, які виникають через невикористання різних методів їх утилізації;
- неекономне використання природних засобів, що призводить до надмірного їх використання, наприклад невикористання сировини та енергії, які містяться в опаковальних відходах.

Ці екологічні загрози можуть утворюватися на кожному етапі так званої дороги життя опаковання, яка називається також “циклом життя опаковання”, яку показано на рис. 3.2. З цього погляду опаковання в аспекті охорони природного середовища належить розглядати в комплексі від моменту видобутку сировини до їх продукції, аж до управління вживаними опакованнями.

Місця утворення опаковальних відходів потрібно аналізувати в так званому опаковальному ланцюгу. Опаковальні відходи утворюються в кожного з виробників, в торгових центрах і остаточних споживачів у домашніх господарствах. Для цього на кожному з тих етапів необхідно впроваджувати заходи, направлені для мінімізації кількості опаковальних відходів, а також їх управління після вжитку [122].

3.3. Класифікація опаковальних відходів для удосконалення інтегрованого управління побутовими відходами

Україна з 2012 р. посідає перше місце у світі за кількістю сміття на душу населення. Загальні обсяги відходів, які накопичилися за роки незалежності в нашій країні, за різними підрахунками, сягають 30 мільярдів т. За інформацією

Державної статистичної служби, у 2016 році в Україні утворилось близько 300 млн т відходів, з яких 620 тис. т небезпечних [126].

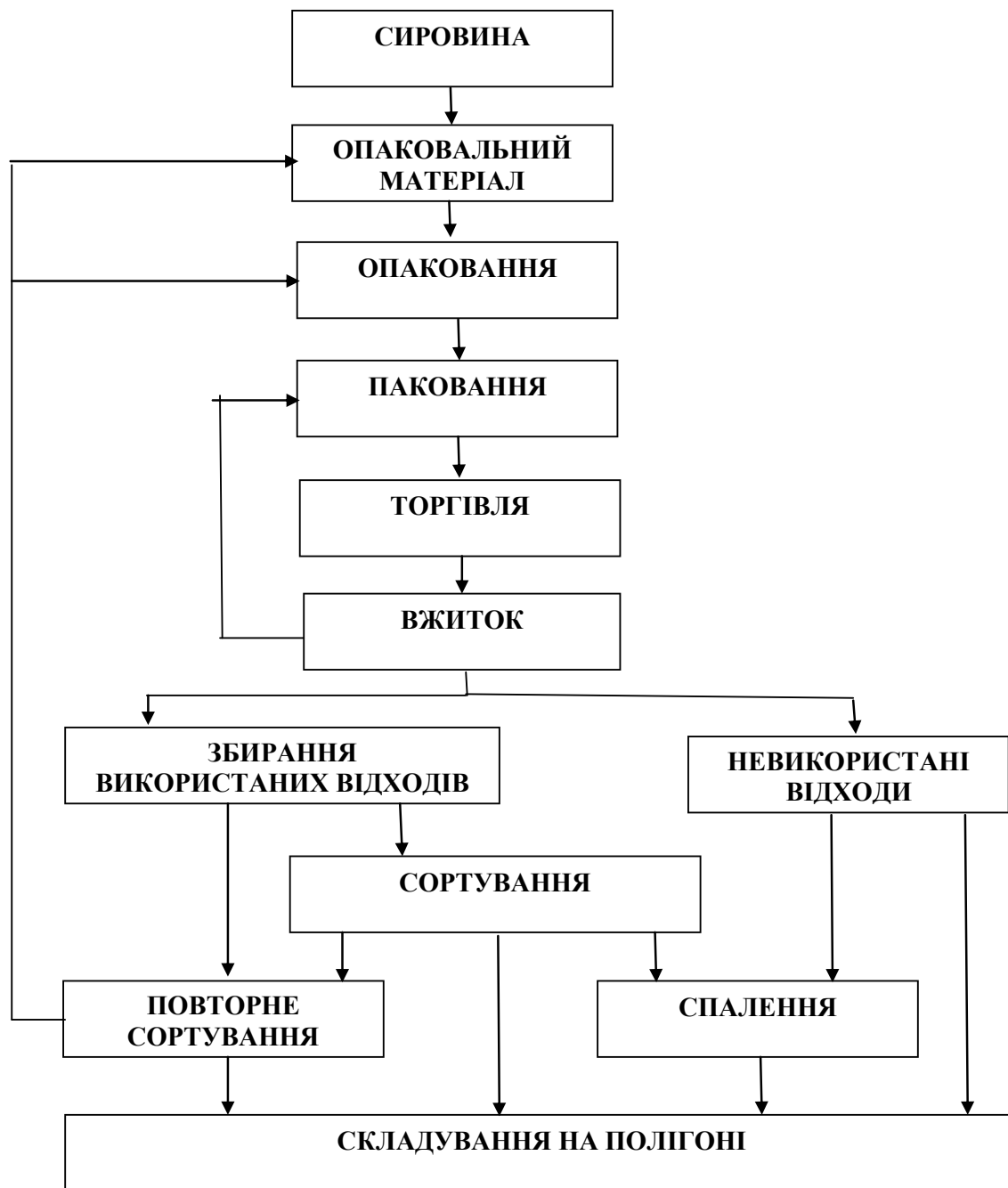


Рис. 3.2. Схема “дороги життя упаковки”

За останні роки активного ринкового життя в Україні опаківання увійшли в наш побут настільки, що сьогодні паковані продукти харчування і товари народного споживання є звичайним явищем [127]. Але після придбання

продукту і його вживання опаккування викидають, і на цьому логістичний ланцюг руху товару і вітчизняній практиці логістики обривається [128]. За даними експертів, темпи збільшення потреб на опаккування в Україні сьогодні майже вдвічі перевищують темпи приросту валового внутрішнього продукту [129]. Україна реально може заробляти на смітті. Вона могла б економити 2200 млн м³ природного газу, 634 млн кВт-год. електроенергії й отримувати ще приблизно 1,8 млн т сировини, яку можна використовувати для виробництва опакowań, тари, будівельних матеріалів та інших потреб. Також, окрім суто економічної вигоди, ми матимемо соціальну у вигляді створення 50 тис. робочих місць та, що має особливий сенс, екологічну – адже замість 6148 діючих сміттєзвалищ та 32984 несанкціонованих отримаємо конкретну визначену кількість цивілізованих центрів управління побутовими відходами (ПВ) – майже 300 одиниць. У середньому, щоб побудувати і запустити в роботу один такий об'єкт, який зможе переробляти на рік до 300 тис. т ПВ, знадобиться три роки та 70 млн доларів інвестицій. Лише за останній рік займатись переробленням відходів у нас виявили бажання майже два десятки іноземних інвесторів.

За даними Мінрегіонбуду в Україні щороку утворюється понад 11-12 млн т ПВ [130], у тому числі значна частина використаних опакувальних матеріалів (ОМ) – біля 25-40 % [77]. Сьогодні споживче опаккування стало невід'ємною частиною сучасного життя. Нині ми сприймаємо їх як матеріал, який приваблює нас своїм виглядом і як захисний матеріал, який забезпечує якість продукції. Водночас, опакувальні відходи (ОВ) стали основним забрудником довкілля [131–132].

За даними галузевого сервера “Індустрія упаковки”, терміни розкладання найрозповсюдженіших матеріалів в звичайних умовах коливаються від 1 місяця до 1 тис. років. Так наприклад: *папір* розкладається впродовж 2-5 місяців, оскільки терміни розкладання паперу різняться. Так, приміром *газета* розкладається за 1 рік, а *вощений папір* – цілих 5 років. Звичайна *макулатура* розкладається за 2-3 роки. *Лляна тканина* – за 1-5 місяців. *Вироби з дерева*

розкладаються майже 10 років. Однак, значну роль у цьому процесі відіграє ступінь обробки деревини. Так, якщо звичайні дошки зникнуть за 4 роки, то покриті шаром фарби – уже за 13. Для повного руйнування *залізної банки* потрібно до 10 років, *жестяної покритої оловом консервної банки (бляшана)* близько 100 років. *Банка з тонкого алюмінієвого листа* повністю розкладається приблизно через 500 років. Розкладання виробів з поліетилену залежить від вихідної щільності і структури. Приміром, звичайні *тонкі поліетиленові пакети*, руйнуються за 100-200 років, пакет від молока – за 5 років. У багатьох українських джерелах наводиться термін розкладання поліетиленових пакетів – 100-200 років. Деякі західні джерела наводять цифру 500 або навіть 1000 років. Однак встановити точну цифру неможливо з тієї причини, що пластикові пакети використовують з 1977 року, нині це 41 рік, і термін розкладання вчені встановлюють лише експериментальним шляхом.

Термін розпаду *пластмасової тари (пляшки і ємності)* коливається від 180-200 років, однак за іншими джерелами вона не розкладається. *Скляна тара* – за різною інформацією розкладається за 4 000 років.

У [132] подано дані про усереднений склад ПВ в Україні: *целюлозомісткі матеріали (папір, картон, газети, обгортки та інші опаковальні матеріали (ОМ))* – 30-35 %; відходи продуктів харчування – 28-30 %; *метали* – 4 %; *пластмаса* – 4 %; *деревина* – 3 %; *текстиль* – 5 %; *скло, кераміка* – 7 %; *інше* – 10-12 %.

За даними управління екології у Львівській області, місто Львів має таку морфологічну структуру ПВ: харчові відходи – 26 %; вуличний відсів (дрібні харчові відходи, залишки паперу і плівки) – 15 %; *пластмаси, ПЕТ* – 13 %; інертні відходи – 12 %; *папір, картон* – 10 %, *текстиль* – 8 %; *деревина* – 5,5; *скло* – 4 %; *метал чорний* – 1,5 %; шкіра, гума – 1,8 %; небезпечні відходи – 0,2 %; інші відходи – 3 %.

Отже, ОВ становлять значний відсоток від загального об'єму ПВ. Проте, у вище наведеному переліку відсутні ОМ, зокрема різні види полімерів, котрі на сьогодні є дуже широко вживаними. У цих переліках взагалі немає чітко

визначених усіх різновидів опаковальних матеріалів. А отже, є велика ймовірність, що обсяг ОВ є значно більшим, однак чітко визначити зараз неможливо, оскільки в державі, не ведеться достовірного обліку таких відходів. В Україні також відсутня офіційна класифікація ОВ, яку б можна ефективно використати на практиці роздільного збору і в технологічному процесі.

Нині світові тенденції – вдосконалення сучасних та високоякісних ОМ, використання наукових та технологічних досягнень для покращення їх властивостей. Це дасть можливість не тільки зменшити їх вагу а й створювати опакowania багаторазового використання.

Для реалізації такої практики в Україні спершу необхідно започаткувати на загальнодержавному рівні культуру управління з ОВ. Тому, якщо зросте кількість свідомого населення, яке цілеспрямовано їх сортуватиме, то й збільшиться кількість сировини для подальшого перероблення, що спрощуватиме процедуру наступних етапів інтегрованої системи управління побутовими відходами.

Для вибору ефективного управління з ОВ і прийнятних методів їх перероблення та утилізації необхідно їх класифікувати.

У праці [133] побудовано класифікацію ОВ для удосконалення інтегрованого управління ПВ.

Для розроблення та впровадження інтегрованої системи управління ПВ в Україні необхідно розробити та ввести в дію адекватні законопроекти, стандарти, нормативні акти, законодавчі норми, чіткий класифікатор відходів та їх дотримання в практиці. Питання вдосконалення класифікації ПВ викладено у працях Т. А. Сафранова [134], Т.М. Довгої [135], С.О. Ніканорова [136], Т.Ф. Жуковського [7] та ін. Вони досліджували та розробляли власне кожен свою класифікацію муніципальних відходів на основі вивченого досвіду країн ЄС щодо їхнього управління. Однак ці дослідження та розробки не є достатніми для формування інтегрованої системи управління ПВ. Отже, для досягнення мети необхідно виконати групування ОВ.

Методологію роботи базовано на аналізі принципів управління групами відходів, з використанням прийомів сходження від загального до локального та взаємозв'язку якісних і кількісних характеристик. Під час виконання роботи використано опубліковані дані вітчизняних і закордонних авторів, а також матеріали власних досліджень, присвячених складовим проблемам управління ПВ.

У більшості видів опаковальних відходів (ОВ) захисні властивості самого матеріалу опакowań від негативного впливу на довкілля практично відсутні, тому вони вносять значний вклад в забруднення довкілля. Оскільки, під час попадання такого виду відходів на полігон ПВ, відбувається сорбція цього матеріалу з власне своїми інгредієнтами та довколишніми іншими видами відходів. Також не менш важливу роль у цьому процесі відіграють атмосферні чинники (світло, температура, відносна вологість повітря). Також ці елементи взаємодіють з ґрунтовим середовищем, різноманітними мікроорганізмами, цвілями, корозіями, жировими та механічними забрудненнями.

Отже, негативний вплив ОВ на довкілля демонструє важливість значення правильної класифікації ОВ, управління ними та їх мінімізації.

Як зазначає автор [74], викинуті ПВ – це втрачені матеріальні та енергетичні ресурси.

На жаль, проблема управління з ОВ, які є найбільш корисними як вторинна сировина у складі ПВ, є важливою ланкою у загальній проблемі управління з усіма ПВ. Очевидно це сталося через відсутність в Україні спеціального закону про опакування та їх відходи. Через це майже неможливо створити дієву систему управління відходами на кшталт таких, які вже давно ефективно працюють у багатьох європейських країнах на основі європейського закону – Директиви 94/62/ЄС [137].

Зазначена проблема є комплексною і потребує створення як організаційних умов на загальнодержавному рівні (створення сучасної системи управління ОВ, адаптованої до норм та правил Європейської Директиви 94/62/ЄС “Про опакування та відходи опакowań” з урахуванням українських

умов і менталітету), так і вирішення певних технічних проблем із збору, сортування та переробки ОВ. Напрямок цих дій диктується необхідністю їх використання як вторинної сировини [74].

Для побудови ефективної інтегрованої системи управління ПВ, важливим моментом є правильно класифікувати частини використаних елементів продукту, який вичерпав свою основну функцію. Тому нами пропонується така класифікація ОВ (рис. 3.3).

За джерелами утворення: виробники/постачальники; споживачі. *За призначенням:* (A-1) внутрішня тара (консервувальне опакування). До них належать: обгортковий папір, картонні коробки, мішки, пляшки (банки), кришки та ін.; (A-2) допоміжний опаковальний матеріал – це етикетки, стрічки, прокладки, вкладиші, стружки, паперові обгортки, шпагату для обв'язування та інше; (A-3) зовнішня тара (транспортна тара/опакування). Різновидом такої тари є: дерев'яні суцільні і ґратчасті ящики, металеві і пластмасові ящики, бочки, контейнери, пакети, палети, піддони а також коробки з гофрованого картону. *За життєвим циклом:* разове та багаторазове. *За розмірами:* малогабаритне та великогабаритне. *За матеріалами виробів:* деревина, папір, картон, текстиль, метал, скло, полімери, комбіновані матеріали [71].

Одним з необхідних для виготовлення опакувань є *деревина*. Вона відіграє важливу роль у виробництві транспортної тари для перевезень крупногабаритних вантажів і крихких предметів будь-яких розмірів, які вимагають жорсткого і міцного опакування. Тепер з неї виготовляють пакування скоріше для дорогих товарів: бочки, тубуси та пенали для колекційних вин, кошики, різні подарункові гарнітури тощо. Дерев'яний ОМ – це екологічність запакованого продукту, свідчить про його високу якість.

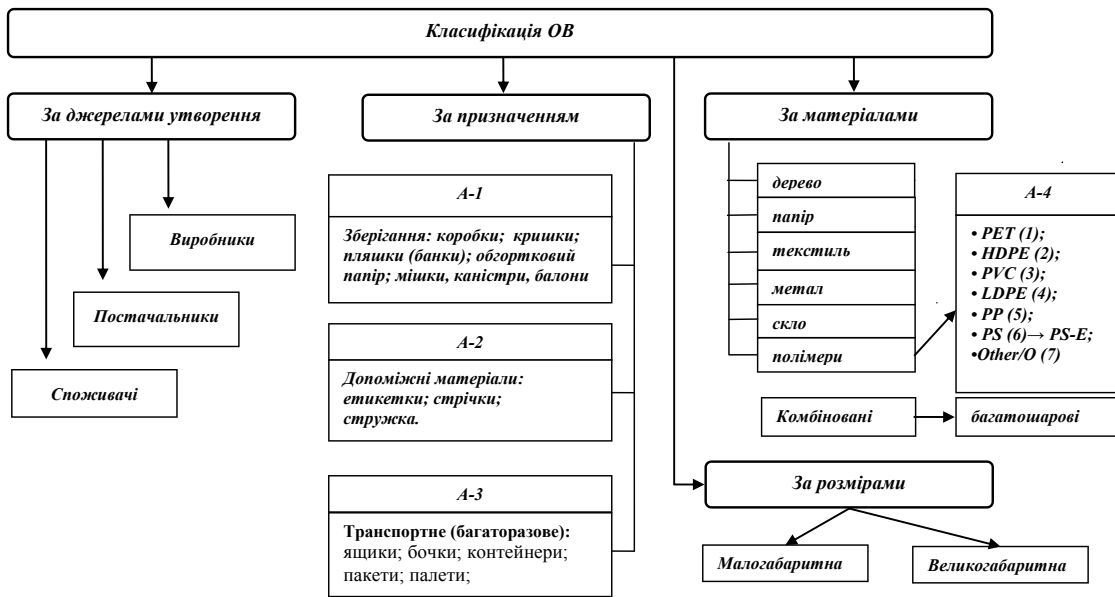


Рис. 3.3. Класифікація ОВ

Найрозповсюдженішими ОМ не тільки в нашій країні, але й за кордоном є *картон та папір*. Різноманітні паперові пакети та пачки виготовляють для продуктів харчової, легкої, фармацевтичної, парфумерно-косметичної галузей промисловості тощо.

За нормативними документами основними видами споживчого опаккування з картону та паперу є: картонна коробка, пачка та пакет. Паперові пакети можуть бути з поліетиленовим покриттям.

Текстильні ОМ – щільні-лляні, джутові-лляні, джутові мішки та ін. Їх використовують для сипучих матеріалів – цукру, крохмалю, борошна тощо. Ці мішки можуть містити поліетиленове покриття.

Металеві опаккування займають немалий сегмент ринку матеріалів в Україні. Такі матеріали активно застосовують в індустрії напоїв, консервованих продуктів харчування та у хімічній промисловості. За нормативними документами до них належать: канистри сталеві та алюмінієві, банки бляшані і алюмінієві, балони аерозольні, алюмінієві, труби алюмінієві. Вважають найуживанішим опаккуванням та одним із найрентабельніших для виробників [131].

Одним з найтрадиційніших матеріалів для опаквань є *скло*. Воно, як ОМ продуктів харчування вважається найбезпечнішим для здоров'я. Його широко використовують такі галузі промисловості як харчова, парфумерно-косметична, хімічна та фармацевтична. В наглядовому органі за продуктами харчування (FDA) в США скло має особливий статус: воно є єдиним з ОМ продуктів харчування, який отримав кваліфікаційний рівень “Безпечно в принципі”. І загалом продукт, який запакований в скляний матеріал, сприймається як продукт, що має високу якість [131].

Широкого використання набули ОМ із *полімерів*. До них належать широкий перелік виробів:

1) ПЕТ-пляшки, банки, коробки (*поліетилентерефталат / ПЕТ / PET*) – для охолоджених продуктів та напків, молока, мінеральних вод, фруктових соків, спецій, косметичних засобів, мийні засоби; 2)

напівжорстке опаккування з ПНТ (*поліетилен високого тиску / HDPE*), до якого належать пляшки від молочної продукції, соків і вод, флакони з-під шампунів, гелів для душу, відбілювачів, мийних і пральних засобів, контейнери з харчових продуктів, одноразовий посуд, щільні фасовані пакети, пакети для сміття;

3) ОМ з ПВХ (*полівінілхлорид / PVC*) використовують в харчовій промисловості, наприклад для сипучих продуктів, для розливу у пляшки рослинних олій. Також такий тип матеріалу застосовують у хімічній промисловості для виробництва контейнерів (ємностей) для сипучих харчових продуктів. З цього матеріалу також виробляють вікна, плівки для харчових продуктів, натяжних стель, іграшки, труби, жалюзі та тару для технічних рідин;

4) ОМ з ПВД (*поліетилен низького тиску / LDPE*). До цього виду належать більшість пакетів, сміттєвих мішків, гнучких ємностей, плівок для харчових продуктів, пляшки для вод та миючих засобів та інше;

5) полімерне опаккування з ПП (*поліпропілен / PP*). Даний тип матеріалу застосовують для йогуртів, сиропів, кетчупів. З цього пластику виробляють контейнери для харчових продуктів і їх заморожування, багаторазовий посуд, одноразовий посуд для гарячих страв, дитячі пляшечки, кришки;

6) пластиковий матеріал з ПС (*полістирол / PS*) використовують у виробництві склянок для кави, йогуртів, контейнерів для швидкого харчування, яєць, овочів, фруктів, м'яса, риби. З цього матеріалу також виробляють одноразовий посуд, аудіокасети і коробки для CD-дисків; 7) пластиковий матеріал, який містить *полікарбонат (PC)* або *поліамід (PA)* чи інші композиції (*OTHER / O*) застосовують у виробництві дитячих полікарбонатних пляшечок, багаторазові пляшки для води, контейнери для зберігання продуктів та інше.

За способом отримання полімери можна поділити на: 1) *синтетичні, натуральні / природні (біополімери), модифіковані (штучні)*. Перші добувають синтезом низькомолекулярних сполук, зокрема поліетилен – продукт нафтопереробки, і біополіетилен. Біополімери отримують з природних

матеріалів, наприклад, натурального каучуку, білків, нуклеїнових кислот (ДНК, РНК), пектинових речовин, полісахаридів – целюлози, крохмалю та ін.). Модифіковані полімери добувають за допомогою фізичної чи хімічної модифікації природних полімерів (наприклад, з целюлози віскозне та ацетатне волокна) або синтетичних полімерів. До штучних полімерів, які виготовляють у світі, належать: поліетилен (LDPE, HDPE), поліпропілен (PP), полівінілхлорид (PCW), полістирол (PS), поліуретан (PUR) та поліетилентерефталат (PET). *Комбіноване опакування* – утворюється під час поєднання різних матеріалів у процесі виготовлення. Наприклад: покриття картону, паперу, фольги, тканини або ЛПН-матеріалу плівкою з розплавленого полімеру, у результаті можна одержати міцний і барвистий ОМ.

Сьогодні виробляють приблизно 150 видів пластиків. Суміші різних полімерів становлять 30 % від них. Стандартні термопласти – ПНТ, ПВТ, ПП, ПС, ПВХ – становлять до 80 % полімерів, що випускають. На частку конструкційних пластиків – полікарбонати, поліаміди, ПЕТ, поліфеніленоксид – припадає до 19 %. Решта 1 % – це полімери із специфічними унікальними властивостями: поліефіркетони, поліфеніленсульфіди і багато інших [138].

За рівнем складності утилізації пластикові відходи поділяють на три основні групи: 1) полімери з хорошими властивостями. Такі відходи є чистими, розсортованими і легко піддаються утилізації. Під час перероблення можливе використання до 90 % подібних матеріалів; 2) полімери з середніми властивостями. До даної групи відносять відходи, що містять певну кількість забруднень і потребують сортування. Перероблення цих відходів пов'язано з додатковими витратами з відбору, миття і т.д. У перероблення надходить 20-30 % від початкової кількості такої сировини; 3) полімери, що важко утилізуються. Це, насамперед, сильно забруднені і змішані відходи. Їх перероблення в більшості випадків нерентабельне.

Варто нагадати, що основною сировиною для виробництва полімерів є сира нафта та продукти нафтопереробки. Тому, доцільним є використання відходів пластичних мас для одержання вторинної сировини. Перевагами цього

методу є економія паливно-енергетичних ресурсів і природної сировини; зниження рівня забруднення довкілля відходами споживання і виробництва; створення нових робочих місць; отримання прибутку переробниками та економія для покупців вторинної сировини, одержаної з відходів [139].

Запропоновано декілька варіантів заміни ОМ певних видів товарів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Пропозиції щодо заміни опакowań певних видів товару

Найменування товару	Матеріал	Альтернатива
Картопля	Пластикові сітка, поліетиленовий пакет	Полотняна сітка
Сметана	Пластикові склянка, поліетилен плівковий	Скляна банка
Різні крупи та борошно	Поліетиленовий пакет	Полотняний мішечок
Пральний засіб (порошок) "Persil"	Пластмаса виготовлена з вторинної сировини	Паперовий пакет

Звичайно ОВ можна переробляти самому виробнику або підприємству з їх перероблення. Забезпечити збирання та утилізацію ОВ чи оплатити послуги з їх збирання та утилізації згідно з тарифами повинні ті вітчизняні підприємства, які ці опакowań виготовили. Решта підприємств, що їх використовують, – утилізацію за тарифами не оплачують.

Такий підхід є логічним: якщо підприємство заробляє на тарі, воно повинне забезпечити її збирання та утилізацію. Наприклад, магазин використовує поліетиленові пакети для пакування товарів для продажу. Збирання та утилізацію цих пакетів має забезпечити не магазин, а підприємство-виробник, воно має й платити за тарифами [78].

У будь-якому разі в кожному конкретному випадку, той чи інший вид опакowań треба оцінювати комплексно на всьому шляху їх виробництва від сировини до вторинного використання. Варто зазначити, що будь-які ОВ, якщо їх зібрати, відсортувати, підготувати (почистити), можна знову повернути у виробничий цикл для виготовлення нових ОМ (склобій, макулатура, алюміній,

жерсть) або як вторинну сировину (полімери, комбіновані матеріали) для виготовлення різноманітних виробів [77].

Певну роль у вирішенні проблем індустрії опакowań України може зіграти об'єднання виробників ОМ разом з виробниками продуктів. Воно має контролювати норми виготовлення та пакування продуктів, вносити нові стандарти і стежити за виконанням всіх прийнятих правил серед виробників, що корисно споживачу. Тому, потрібно використовувати світовий досвід з управління, утилізації та рециклінгу ОВ [140].

3.4. Інтегровані методи управління відходами опаковательних матеріалів

Проблема накопичення і захоронення відходів є не вирішеною у багатьох країнах світу, зокрема й в Україні [141]. Основними технологіями управління ПВ в нашій країні залишаються захоронення на полігонах і сміттєспалювання, а про перероблення побутових відходів взагалі не йдеться. Завантаженість потужностей українських підприємств-переробників вторсировини складає 35 % порівняно з 95 % в Європі. Наразі в Україні ринок тари і опакowań фактично монополізовано державними підприємствами, які не виконують свої функції та зобов'язання щодо утилізації.

Лідерами з перероблення та вторинного використання відходів опакования є Німеччина (переробляється більше 70 % відходів), Нідерланди (65 %), Австрія (60 %). Розв'язання цієї проблеми у Німеччині виглядає так: обов'язковий збір, сортування та утилізація використаної тари й опакowań, обов'язкова сплата послуг усіма суб'єктами за збір й перероблення опакowań; високий рівень технології та утилізації. Якщо продукція не виробляється в Німеччині, то плату за ліцензію сплачує компанія, яка завозить продукцію. Тому, коли в Україну у великих обсягах завозять тару, пакувальні матеріали та продукцію в опакованиях, то іноземний виробник має подвійну користь. По-перше, він не сплачує за послуги з утилізації у своїй країні, що досягає великих

розмірів. По-друге, він не сплачує кошти за утилізацію і в нашій країні. Швидкий розвиток пакувальної індустрії, прагнення виробників виготовляти конкурентноспроможну продукцію в сучасних опакованнях, масовий ввіз опаківаної продукції і таропакувальних матеріалів із-за кордону, відсутність в Україні єдиного, комплексного відпрацьованого механізму збирання, утилізації та переробки використаних таропакувальних матеріалів створюють загрозу для екологічної безпеки нашої держави.

У праці [142] обґрунтовано інтегровані методи управління відходами опакувальних матеріалів. Проблема у сфері управління відходами опакувальних матеріалів потребує нових, інтегрованих методів управління. В цьому сенсі інтеграція означає організаційне поєднання технологічно пов'язаних між собою різнорідних видів діяльності з притаманними їм функціями [119,143]. Тому, щоб створити свій ефективний і системний механізм управління, необхідно адаптувати інтеграційні процеси до місцевих умов.

Приклад поділу завдань з метою обмеження опакувальних відходів серед учасників “товарно-виробничого ланцюга” показано в табл. 3.2.

Отже, за виконання всіх заходів, що мають на меті попередження виникнення відходів, несуть відповідальність всі учасники “товарно-виробничого ланцюга”. В Україні пропонується впровадити модель розширеної відповідальності виробника опакувань, яка ґрунтується на таких положеннях:

- виробник несе відповідальність за перероблення та утилізацію опакувань своєї продукції;
- виробники / імпортери виконують свої зобов'язання самостійно або колективно (передавши свої зобов'язання уповноваженим організаціям);
- виконання норм перероблення та утилізації, що зростають, контролюється державою;
- уповноважена організація за кошти виробників забезпечує від їх імені виконання норм перероблення / утилізації, що включає, але не обмежується

роздільним збиранням, транспортуванням, сортуванням та переробленням / утилізацією відходів упаковок, інформаційною компанією для населення;
– підтримується бізнесом.

Таблиця 3.2

Відповідальність окремих ланок, що беруть участь у ринковому колообігу відходів упакування та процесі утилізації відходів

Ланки “товарно-виробничого ланцюга”	Заходи, що скеровані на попередження виникнення відходів
1. Виробники упакувальних матеріалів та упаковок	1.1. Розробка та впровадження матеріалозберігаючих технологій у виробництві упакування. 1.2. Розробка технологій виробництва зворотнього упакування. 1.3. Застосування матеріалів, що придатні до повторної переробки або інших форм утилізації. 1.4. Позначення упакування символами, що вказують вид матеріалу та можливість різних методів утилізації упакування.
2. Виробники товарів, до яких використовується упакування	2.1. Вибір матеріалів, виду та системи упакування. 2.2. Впровадження до обігу зворотнього упакування та організація системи його приймання. 2.3. Участь (у т. ч. фінансова) в організації системи збирання використаного упакування. 2.4. Застосування додаткових елементів упакування (наклейки, закривачки тощо), що теж підлягають повторному переробленню.
3. Торгівля	3.1. Участь в організації системи повернення упакування багаторазового вжитку та системи збирання використаного упакування.
4. Споживачі	4.1. Початковий поділ (сортування) використаного упакування та його складання в спеціальні контейнери або доставка до збиральних пунктів.
5. Фірми, що займаються збиранням та вивезенням відходів	5.1. Збирання використаних промислових (виробничих) та споживчих відходів. 5.2. Приготування відходів до вивезення та подальшої переробки, в т. ч. сортування та очищення.
6. Заклади з перероблення відходів	6.1. Переробка відходів на якісну вторинну сировину або використання їх як вихідної сировини до подальшого перероблення. 6.2. Виробництво продукції з вторинної сировини.
7. Органи місцевої влади	7.1. Організація збирання та вивезення відходів упакування на муніципальній території.

3.5. Методи зменшення кількості опаковальних відходів

Є кілька напрямів зменшення надмірного впливу використаних упаковок на довкілля.

Перший напрям – використання екологічних пакувальних матеріалів: паперу, картону, біополімерів, скла. Тим більше що останнім часом дещо змінилася ситуація на ринку скляної тари. З'явилося багато споживачів, що вимагають ексклюзивної тари, призначеної для конкретного продукту або продукції однієї фірми. Підвищилась експлуатаційна міцність скляної тари, зменшилась її вага. На початку XXI ст. вчені все ж таки знайшли можливість понизити витрати на виробництво біополімерів. Незабаром вартість їхнього виробництва буде не вища, ніж звичайних полімерів. Доречно зауважити, що деякі фахівці вважають, що ціна на розкладальний мікроорганізмами полімер штучно завищується комерційними виробниками. Отже, світова пакувальна індустрія стоїть на порозі активного використання біополімерів для виготовлення упаковок.

Другий шлях – використання відходів упаковок як вторинної сировини. Світовий досвід показує, що тільки 10 % від усієї маси відходів полімерних упаковок можна використати ще раз, бо їхні властивості стають суттєво гіршими. Вони мають помітну кількість шкідливих сполук і можуть використовуватися тільки для виготовлення каналізаційних труб, полімерного шиферу тощо. Але, такий крок може бути чи не єдиним, коли йдеться про відходи багат шарових комбінованих пакувальних матеріалів. У розвинених країнах останнім часом поширилися технології одержання полімерних композиційних матеріалів, наповнювачами яких є відходи упаковок з деревини і паперу, а зв'язувальною речовиною – відходи полімерів. Такі матеріали використовують як оздоблювальні, облицювальні і конструкційні в автомобілебудуванні, промисловості будівельних матеріалів, а також для виготовлення деталей жорсткої тари і піддонів. При цьому механічні, фізичні,

естетичні та експлуатаційні показники таких композиційних матеріалів не тільки не знижуються, але в деяких випадках покращуються.

Третій шлях – використання упаковок багаторазового користування. На жаль, в Україні дуже мала кількість пунктів приймання використаної тари. Така картина сьогодні має місце в кожному місті.

Важливою є соціальна складова проблеми управління відходами упаковок. Це введення державної програми виховання населення і окремих освітніх програм виховання молоді в навчальних закладах. Гостроту проблеми утилізації відходів упаковок для харчової продукції в Україні пов'язано ще з недостатньою екологічною свідомістю населення. До того ж в Україні не врегульовано законодавство щодо відходів. У всіх країнах розвинених західних країн люди добровільно виконують функції сортувальників сміття, маючи на кухні декілька полімерних пакетів різного кольору, в один з яких кладуть скляні пляшки, у другий – металеві кришки від них, у третій – полімерні упаковки, у четвертий – упаковки з паперу та картону. Отже, усе розділене йде на перероблення. Але у світі є багато прикладів, коли державні структури, промислові, комерційні та приватні фірми давно створили, а населення сприйняло комплексні системи управління побутовими відходами. Світовий досвід визначив оптимальну структуру витрат для вирішення проблеми відходів пакувальної галузі. Необхідно витратити 70 % усіх коштів, щоб населення зрозуміло, відчуло та сприйняло проблему управління відходами. Це планомірна кропітка роз'яснювальна робота серед усіх верств населення впродовж тривалого часу. 20 % витрат повинні піти на створення в країні зрозумілої для населення і вигідної для комерційних структур комплексної системи управління відходами. І тільки 10 % витрат потрібно, щоб вирішити технічні питання переробки відходів упаковки [144]. Проблема виховання екологічної відповідальності є важливою складовою виховного процесу. Доцільно виховувати в молоді екологічну відповідальність у навчальних закладах під час викладання матеріалознавства – дисципліни, яка вивчає властивості матеріалів, їхній вплив і місце в навколишньому

середовищі. Тому, студент знатиме не тільки матеріали, які він буде використовувати у своїй роботі як фахівець, але й те, що з ними треба робити далі, після їхнього використання, щоб не забруднювати довкілля. Така екологічна свідомість і обізнаність фахівця буде добрим внеском у виховання його громадянської зрілості.

Четвертий шлях – заборона використання пластикових пакетів. Франція, Грузія та інші країни вже не використовують для упаковок такі пакети. Очевидно, що Україні теж потрібно заборонити їх використовувати.

Підтвердженням цих радикальних кроків є інформація, що Європейський парламент 24 жовтня 2018 р., проголосував за повну заборону пластикового посуду та інших одноразових предметів з пластику на території всього Євросоюзу. Ці предмети будуть заборонені в ЄС з 2021 року, коли новий закон набере чинності. Про це повідомляє BBC News.

Крім одноразових столових приладів і пакетів, на території ЄС заборонять ватні тампони, ватяні палички, трубочки-соломинки для пиття, пластикові мішалки для коктейлів і палички для повітряних куль.

Інші пластикові вироби, від яких не так просто відмовитися, такі як пляшки для напоїв, одноразові коробки для бургерів, харчові контейнери для фруктів, овочів, десертів або морозива, необхідно буде збирати окремо і переробляти в обсязі 90 % до 2025 року. До 2025 року їх використання має бути знижено на 25 %.

Крім того, на 50 % до 2025 р. і на 80 % до 2030 р. повинно бути знижене використання сигаретних фільтрів з вмістом пластику. Вчені підрахували, що один недопалок може забруднювати від 500 до 1000 літрів води, на його розкладання потрібно до 12 років. Це друге джерело забруднення довкілля після пластикового посуду.

Також Європарламент підтримав пропозицію Єврокомісії зобов'язати виробників пластикових риболовних снастей і тютюнові компанії покривати видатки на утилізацію своєї продукції, а виробників гігієнічних прокладок, вологих серветок і повітряних кульок – вказувати на етикетці термін

розкладання продукту. У січні цього року Євросоюз ухвалив першу спільну стратегію з переробки пластику. Вона передбачає, що вся пластикова упаковка в ЄС до 2030 р. має перероблятися, споживання одноразових пластмас буде скорочено, а використання мікропластиків – обмежено. У травні Єврокомісія запропонувала обмежити використання десяти найменувань пластикових виробів одноразового використання, які забруднюють пляжі Європи та її моря.

Заборона на одноразові пластикові вироби має сприяти вирішенню проблеми забруднення Світового океану. На пластик припадає 80 % всього сміття в Світовому океані, тому до 2050 р. в океані буде більше пластику, ніж риби. Експерти підрахували: за 65 років людство виробило 8 мільярдів тон пластику. Більша частина – пластикові пакети. Одна людина використовує біля 500 пакетів / рік. Щорічно європейці генерують 25 млн. тон пластикових відходів, з яких менше 30 % йде на перероблення.

3.6. Висновки до розділу 3

1. За виконання всіх заходів, що мають на меті попередження виникнення відходів, несуть відповідальність всі учасники “товарно-виробничого ланцюга”. Найбільш сприятлива для України у вирішенні даної проблеми є модель розширеної відповідальності виробника.

2. Запропоновано класифікацію ОВ для побудови ефективної інтегрованої системи управління ПВ, яка дасть змогу узагальнити інформацію про опакування.

3. Оскільки екологічні проблеми ОМ пов’язані з їх надмірною кількістю і неналежною якістю, то необхідно забезпечити мінімізацію кількості використаного матеріалу та кількості видів матеріалів. Запропоновано підходи щодо зменшення кількості опаковальних відходів: використання екологічних пакувальних матеріалів; використання відходів опаковань як вторинної сировини; використання опаковань багаторазового користування; заборона використання пластикових пакетів.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ

ЛЬВІВСЬКОГО ПОЛІГОНУ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Результати розділу 4 опубліковано у наукових працях [145, 146, 147, 148, 151, 153, 157, 158, 159, 170, 171, 174, 177].

4.1. Характеристика Львівського полігону ПВ

У працях [145–147] оцінено наявний екологічний вплив на довкілля Львівського полігону ПВ.

Львівський полігон побутових відходів (ПВ) – одне з найбільших сміттєзвалищ у Європі, яке входить до 100 екологічно небезпечних об’єктів України і котрий експлуатувався вже понад 57 років, що вдвічі перевищує планові терміни. Щодня сюди вивозили 600 – 650 тонн сміття.

За 57 років інтенсивної експлуатації Львівського полігону накопичено мільйонні тони побутових та токсичних промислових відходів, що призводили та призводять до порушення екологічної рівноваги регіону.

Львівський міський полігон ПВ розміщений на землях Грибовицької та Малехівської сільських рад Жовківського району, площа якого становить 50 га, з яких 26,5 га виділено для розміщення відходів, на якій функціонує три ділянки розвантаження відходів: одна з них використовується в зимовий період і під час несприятливих погодних умов, а дві інші використовуються в літній період.

Крім сміття, на території сміттєзвалища накопичено понад 200 тис. тон кислих гудронів – відходів ВАТ “Львівський дослідний нафтомасловий завод”. Ці гудронові озера займають площу 2 Га, глибиною 8-10 м та містять понад 70 % сірчаної кислоти.

Навколо тіла полігону облаштовано обвідну дренажну канаву (меліоративний канал), прокладену уздовж дороги (довжиною по 200 м) на сміттєзвалище, призначену для недопущення проникнення інфільтрату за межі звалища. Даною обвалувальною канавою збираються і транспортуються дренажні і дощові води у збірники інфільтрату (п'ять ґрунтових із глиняною завісою збірників) загальним об'ємом біля 52000 м³. Збірники фільтрату розташовано біля південно-східного підніжжя тіла полігону. Інфільтраційні води полігону містять солі важких металів, сірчану та азотну кислоти, велику кількість органічних речовин.

4.2. Вплив фільтрату на природні води

У працях [25,12,148] оцінено якість очищення стічних вод ЛКП “Збиранка” та надання рекомендацій щодо очищення та утилізації дренажної води полігону і депонування побутових відходів.

ЛКП “Збиранка” проводить збір інфільтраційних вод в збірники, з яких в подальшому інфільтраційні води подають в тіло сміттєзвалища. З метою запобігання проявів самозаймання відходів та зволоження полігону ПВ, підприємством проводять роботи з рециркуляції інфільтраційних вод в тіло сміттєзвалища. Рециркуляція (перекачування) відбувається за допомогою насосної станції ПСГ-160 та зібраної системи трубопроводів. За умови перекачування на відстань 900 м, при перепаді висот 100 м, потужність станції становить 80 м³/годину. В середньому перекачується 208 м³ на добу інфільтраційних вод.

За період з 06.07.2012 по 19.09.2013 із інфільтраційних збірників перекачано на зволоження відходів полігону ПВ – 14680 м³ інфільтраційних вод.

У середньому внаслідок фільтрації із міського сміттєзвалища середньо-фактично утворюється приблизно 42-58 м³ інфільтраційних вод (однак даний

показник залежить від кількості та інтенсивності атмосферних опадів та пори року).

Технологія очищення інфільтраційної води на станції фізико-хімічного очищення має 5 основних частин обробки.

Блок 1 для вилучення нерозчинних компонентів, високомолекулярних сполук і розчинних низькомолекулярних компонентів у нерозчинній формі (солей, гідроксидів), а також для окиснювання органічних речовин до нешкідливих продуктів (SO_4^{2-} , NO_3^- , N_2). Містить два однотипних модулі для перетворення і поділу забруднень.

Блок 2 містить обладнання для деамонізації шляхом повітряної десорбції, очищення повітря від аміаку, хемосорбцію. У десорбері забезпечують оптимальні умови для концентрації аміаку в газовій фазі. Параметри хемосорбції відповідають умовам ефективного очищення повітря й одержання насиченого розчину амоніаку (повітря й амоніачний розчин), що повторно використовується в процесах очищення.

Блок 3 призначено для доочищення від амоніаку і розчинних компонентів, що визначають токсичність і ступінь мінералізації води.

Блок 4 призначено для обробки осаду, що утворений на комплексі споруд блока 1.

Блок 5 – це реагентне господарство.

Якість очистки стічних вод оцінювали за такими параметрами, як колір, прозорість, запах, зважені речовини, сухий залишок, БСК₅, ХСК, хлориди, нітроген амонійний, рН. Для аналізу води використовувалися хімічні, фізико-хімічні та фізичні методи.

Станцію фізико-хімічного очищення призначено для очищення фільтратів (дренажних вод) полігону побутових відходів, тобто, концентрованих багатокомпонентних розчинів. Об'єм залізобетонного накопичувача станції фізико-хімічного очищення фільтрату становить 50 м³. Очищення фільтрату здійснюється за допомогою реагентів: вапна, гідроген пероксиду, ферум (III)

сульфату, коагулянтів “Магнофлок” та “Полвак”. На стадії пусконаладжувальних робіт стічні води після проходження очищення відповідають нормативам скиду у поверхневі водойми. Скид очищених скидів здійснюється у розташовану в 100 м від станції каналу, притоку р. Малехівки.

Дана споруда ємністю 4,5 м³ за 12 годин очищає 18м³ дренажної води від забруднювальних речовин (96 %), зокрема і від важких металів, решту обсягу реакторних резервуарів складає осад, що утворюється в процесі очищення, який відвозять на сміттєзвалище у герметично закритих бочках.

Станом на вересень 2013 року було відібрано проби води до та після очисних споруд. Результати дослідження подано на рис. 4.1. та 4.2.

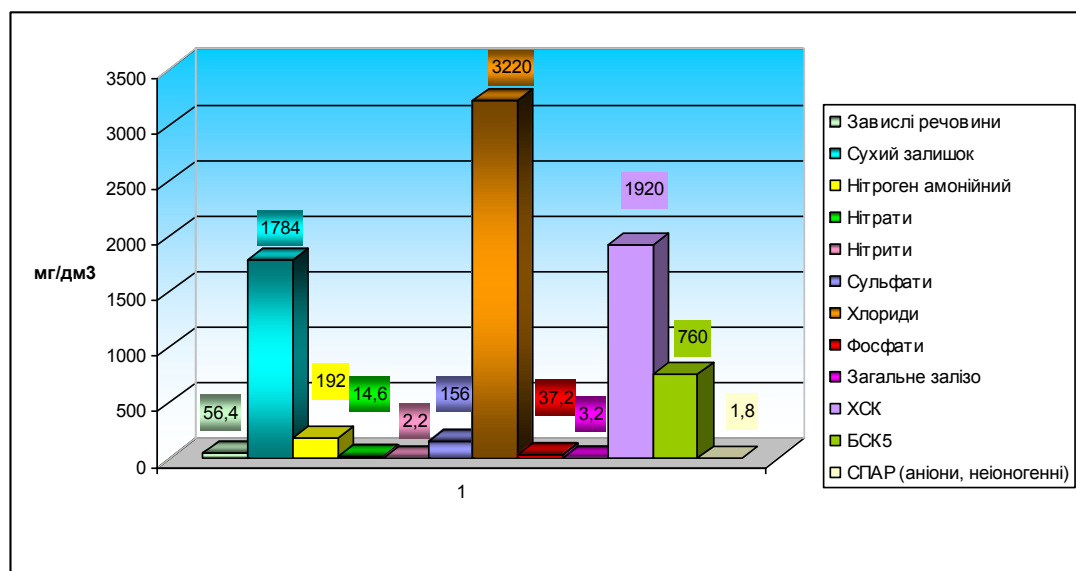


Рис. 4.1. Гідрохімічні показники забрудненої води

Встановлено також, що у забрудненій воді водневий показник (рН) становив 9,2; лужність – 76,6 мг-екв/дм³; колір – коричневий; запах – 5 балів; прозорість – невидима; Манган – 0,27 мг/ дм³; Купрум – 0,06 мг/ дм³; Хром - 0,06 мг/дм³; нафтопродукти – 1,2 мг/ дм³; фенол, формальдегід, Нікол, Плюмбум, Цинк – нижче чутливості методу. Вода після очисних споруд мала температуру 10,6 °С; водневий показник (рН) становив 7,68 (ГДК 6,0-9,0); лужність – 8 мг-екв/дм³; колір – світло-жовтий; запах – 2 бали; прозорість – 22

см; Манган, Купрум, Хром, нафтопродукти, фенол, формальдегід, Нікол, Плюмбум, Цинк – нижче чутливості методу.

Також здійснюється контроль аналізу складу стічних вод до і після очищення і у контрольних колодязях (у тому числі за відсутності 25 локальних очисних споруд), а також визначення кількості стічних вод, що скидаються.

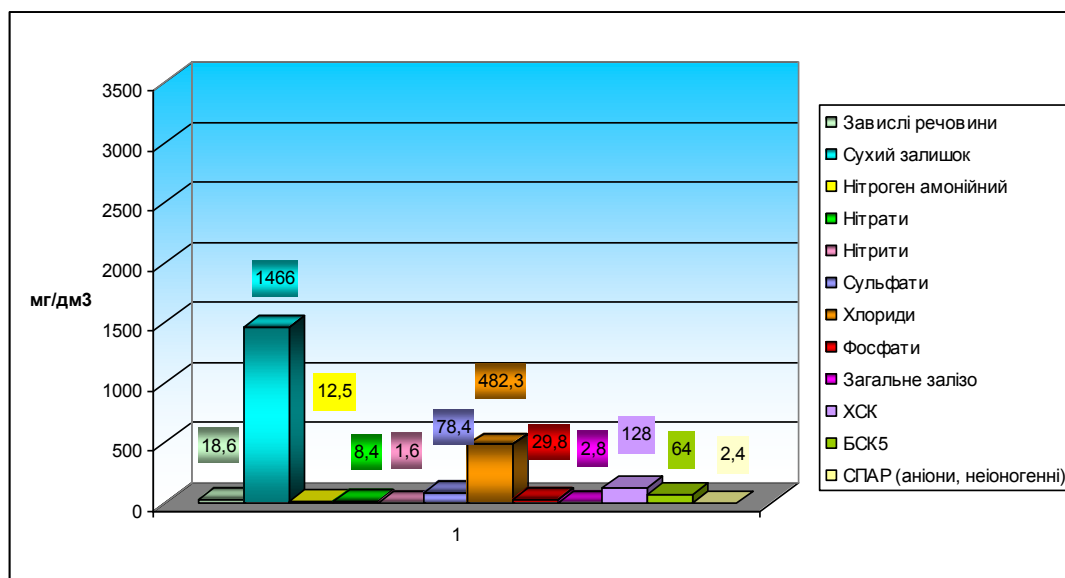


Рис. 4.2. Гідрохімічні показники води після очисних споруд

Отже, з отриманих даних та згідно поданих схем щодо гідрохімічних показників води до та після очищення, встановлено, що значення показників після очищення помітно зменшилися: зважені речовини – з 56,4 мг/ дм³ до 18,6 мг/ дм³ (ГДК 0,25); сухий залишок – з 1784,0 мг/ дм³ до 1466 мг/ дм³ (ГДК 1000); нітроген амонійний – з 192,0 мг/ дм³ до 12,5 мг/ дм³ (ГДК 2,0); нітрати – з 14,6 мг/ дм³ до 8,4 мг/ дм³ (ГДК 45,0); нітрити – з 2,2 мг/ дм³ до 1,6 мг/ дм³ (ГДК 3,3); сульфати – з 156,0 мг/ дм³ до 78,4 мг/ дм³ (ГДК 500,0); хлориди – з 3220,0 мг/ дм³ до 482,3 мг/ дм³ (ГДК 350,0); фосфати – з 37,2 мг/ дм³ до 29,8 мг/ дм³ (ГДК 3,5); загальне залізо – з 3,2 мг/ дм³ до 2,8 мг/ дм³ (ГДК 0,3); ХСК – з 1920,0 мг/ дм³ до 128,0 мг/ дм³ (ГДК 15,0); БСК₅ – з 760,0 до 64,0 мг/ дм³ (ГДК 15,0).

Має місце той факт, що експлуатацію очисних споруд інколи здійснювали з порушенням технологічного режиму. Так, не використовують

блок зворотного осмосу, відповідно повний цикл очищення не проводиться. Частково очищені інфільтраційні води скидають у герметичний відстійник – накопичувач та вивозять на очищення.

При проектній потужності (16 м³/добу) станції фізико-хімічного очищення (якщо б вона працювала цілодобово) при середньо-фактичній кількості фільтрат (42-58 м³/добу), очисні споруди не забезпечували очищення необхідної кількості інфільтрату. На очисних спорудах у середньому щодобово очищається 11-12 м³/добу інфільтраційних вод.

Проте, очищення скидів полігону побутових відходів на міських очисних спорудах не є достатньо ефективним засобом розв'язання проблеми, оскільки дренажні води (фільтрат) не використовують, як це має місце у світовій практиці. Проблема скидів потребує розроблення спеціальних технологій та обладнання [149]. Для цього доцільно використовувати досвід Швейцарії, США, Німеччини в галузі очищення фільтратів полігонів побутових відходів.

У праці [150] наведено дані щодо органолептичних показників та хімічного складу фільтрату Львівського полігону ПВ станом на червень 2012 р. Враховуючи вище наведені нами дані показників фільтрату на етапі до очищення на станції фізико-хімічного очищення станом на вересень 2013 року та беручи дані складу фільтрату станом на червень 2012 року наведені у [150], прослідковуються такі змінні тенденції у кількісних та якісних показниках складу цього фільтрату (табл. 4.1, 4.2 та рис. 4.3, 4.4).

Таблиця 4.1

Гідрохімічні показники фільтрату станом на червень 2012 р.

Показник, компонент	Значення
	Вміст, мг/дм ³
Колір	бурий, темно-бурий
Запах	5 балів
Прозорість	4 см
рН	8,0
Лужність	80 мг-екв/дм ³
Гідрокарбонати	5288
БСКповне	1266
Na	4,2 · 10 ³
K	2400
Mg	450
Ca	193
Si	36
Ti	14,4
Ni	3
Zn	3
Br	45
Rb	5
Sr	3
Zr	0,8
Mo	0,8
Sn	3
Pb	1

Таблиця 4.2

Гідрохімічні показники фільтрату станом на вересень 2013 р.

Показник, компонент	Значення
	Вміст, мг/дм ³
Колір	коричневий
Запах	5 балів
Прозорість	невидима
рН	9,2
лужність	76,6 мг-екв/дм ³
Завислі речовини	56,4
СПАР	1,8
Манган	0,27
фенол	ндч
формальдегід	ндч
Нікол	ндч
Плюмбум	ндч
Цинк	ндч

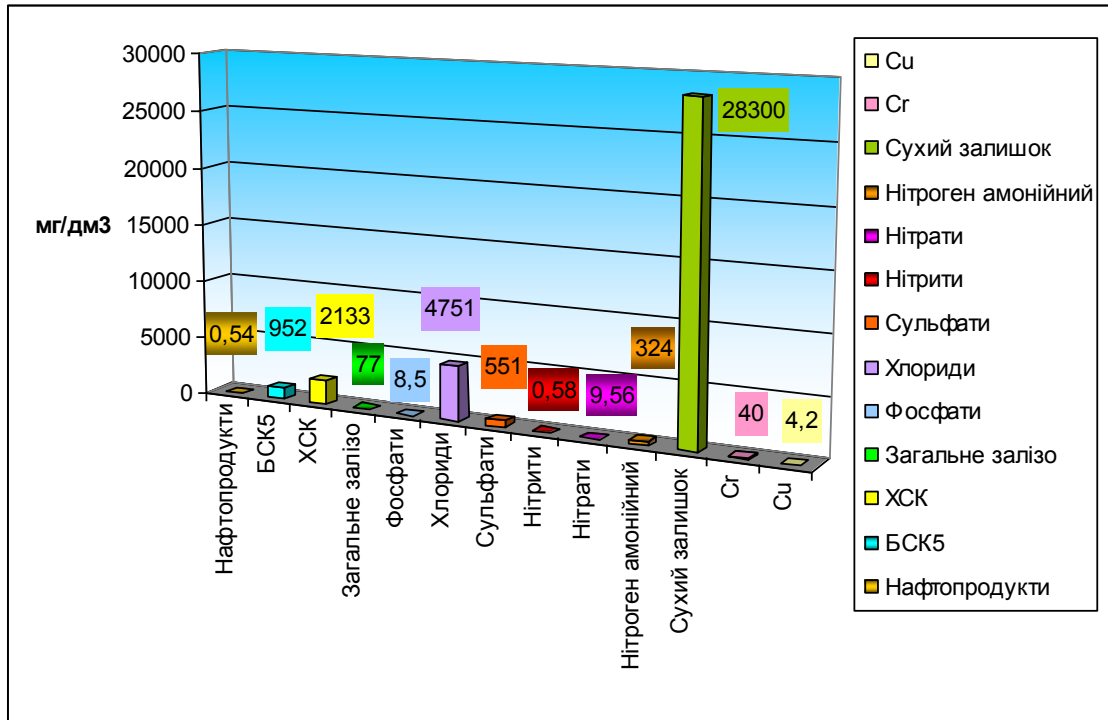


Рис. 4.3 Гідрохімічні показники фільтрату станом на червень 2012 р.

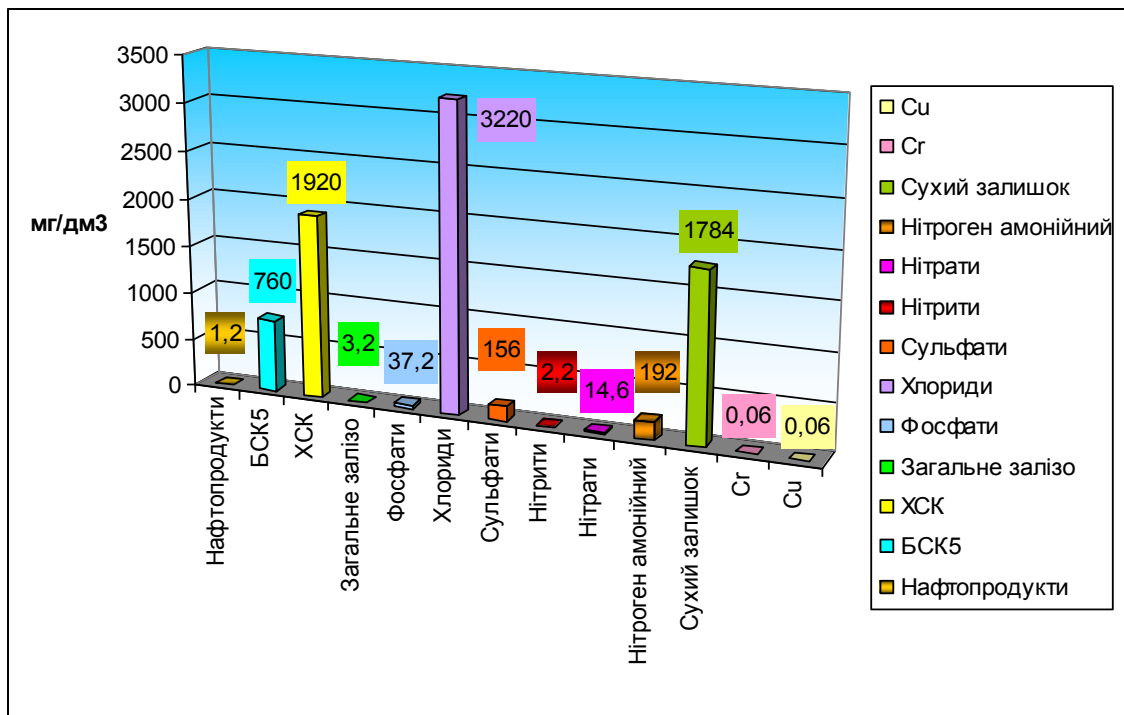


Рис. 4.4 Гідрохімічні показники фільтрату станом на вересень 2013 р.

Отже, із вище поданих даних щодо складу фільтрату в період 2012 та 2013 рр. стає очевидним, те що кількісний та якісний склад фільтрату у 2013 році у порівнянні з 2012 роком змінює тенденцію до зменшення як показників

так і їх значень, однак у 2013 році у складі фільтрату визначаються присутністю СПАР та у значній кількості завислі речовини. Такому поділу показників у фільтраті 2012 та 2013 рр., однозначного пояснення надати неможливо, але однією з причин такого вмісту, може бути наявність таких відходів у смітєвому тілі, які провокують утворення комплексних сполук, однак окремі типи відходів, які є у тілі полігону також можуть виділяти такі забруднювальні речовини.

4.3. Оцінювання стану поверхневих та підземних вод

У роботі [151] проведено оцінку впливу Львівського полігону ПВ на забруднення поверхневих вод регіону.

Поверхневі води у районі смітєзвалища, завдяки його вододільному положенню, представлені системою меліоративних каналів, прокладених у внутрішньопасмових та міжпасмових долинах, а також невеликими струмками.

При оцінюванні впливу полігону ПВ на екостан компонентів ландшафту проби поверхневих вод відбирали з р. Малехівка вище нижче та місця впадіння меліоративного каналу а також з поверхневих вод – меліоративний канал К–30 (1 км від підніжжя полігону ПВ, біля автодороги Львів – Жовква (N49⁰53'47,4''; E 024⁰03'25,6'').

Проведено відбір та вимірювання показників складу та властивостей вод в контрольних точках:

– точка № 3 (1 км від підніжжя полігону ПВ, біля автодороги Львів – Жовква (N49⁰53'47,4''; E 024⁰03'25,6'');

– р. Малехівка, 50 м вище впадіння меліоративного каналу, с. Малехів (N49⁰53'10,9''; E 024⁰03'33,3'');

– р. Малехівка, 100 м нижче впадіння меліоративного каналу, с. Малехів (N49⁰53'11,8''; E 024⁰04'07,4'').

Відбір проб води у вищезазначених точках, здійснювався протягом такого періоду: 25.09.2012 р., 22.05.2013 р; 18.09.2013 р.

Результати інструментально-лабораторних замірів якості поверхневих вод р. Малехівка вище нижче та місця впадіння меліоративного каналу наведено у табл. 4.3.

Таблиця 4.3

**Результати лабораторних замірів якості поверхневих вод р.
Малехівка**

Назва Інгредієнта	Концентрації, мг/дм ³				
	р. Малехівка, 50 м вище впадіння меліоративного каналу, с. Малехів		р. Малехівка, 50 м вище впадіння меліоратив- ного каналу, с. Малехів	р. Малехівка, 100 м нижче впадіння меліоратив- ного каналу, с. Малехів	р. Малехівка, 100 м нижче впадіння меліоративного каналу, с. Малехів
	ГДК	Відбір проб 22 травня	Відбір проб 18 вересня	Відбір проб 22 травня	Відбір проб 18 вересня
Сульфати	500	52,30	150,40	64,40	121,18
Хлориди	350	35,45	75,30	145,20	78,0
Мінералізація	900	850,00	782,00	1243,00	803,40
Завислі речовини	15,0	18,00	10,00	15,00	12,00
Амоній	2,0	0,21	0,20	1,14	0,61
Азот амонійний	2,0	0,16	0,16	0,88	0,47
Нітрит-іони	3,3	0,10	0,03	0,097	1,00
Нітрат-іони	45,0	0,38	11,20	1,00	8,60
Фосфати	3,5	0,065	0,65	0,31	0,73
БСК ₅	15,0	4,00	3,00	7,00	11,00
БСК _п	3,0	5,32	4,00	9,31	14,63
ХСК	80,0	11,0	10,0	20,0	22,0
Залізо загальне	0,3	0,18	0,22	0,29	0,42
Аніонні СПАР	0,5	0,012	0,01	0,02	0,014
Нафтопродукт и	0,3	0,014	0,011	0,018	0,094
Хром (загальний)	0,05	0,0017	----	0,0131	----
Купрум	1,03	0,0064	----	0,0051	----
Плюмбум	0,03	0,0036	----	0,0275	----
Манган	0,13	0,0854	----	0,3975	----
Кадмій	0,0013	0,0052	----	0,001	----
Цинк	1,03	0,0038	----	0,013	----

У відповідності до наведених у табл. 4.3 даних з лабораторних замірів встановлено незначне та місцями середнє перевищення ГДК.

Результати інструментально-лабораторних замірів якості поверхневих вод – меліоративний канал К–30 (1 км від підніжжя полігону ПВ, біля автодороги Львів - Жовква (N49⁰53'47,4''; E 024⁰03'25,6'') – ТЗ, наведено у табл. 4.4 [152].

Таблиця 4.4

Результати лабораторних замірів якості поверхневих вод біля автодороги

Назва інгредієнта	Концентрації, мг/дм ³		
	Точка відбору ТЗ, біля автодороги Львів – Жовква, 1 км від підніжжя сміттєзвалища	Точка відбору ТЗ, біля автодороги Львів – Жовква, 1 км від підніжжя сміттєзвалища	Точка відбору ТЗ, біля автодороги Львів – Жовква, 1 км від підніжжя сміттєзвалища
	відбір проб води: 25.09.2012 р.	відбір проб води: 22.05.2013 р.	відбір проб води: 18.09.2013 р.
Сульфати	67,28	85,30	82,3
Хлориди	1098,90	292,41	323,00
Мінералізація	1867,58	1650,00	982,30
Завислі речовини	13,30	25,00	14,00
Амоній	0,93	3,50	0,85
Азот амонійний	0,72	2,71	0,66
Нітрит-іони	0,00	0,34	0,026
Нітрат-іони	11,20	6,98	16,30
Фосфати	0,35	0,85	0,24
БСК ₅	26,00	19,00	16,00
БСК _п	34,60	25,27	21,28
ХСК	124,00	54,00	48,0
Залізо загальне	0,26	0,48	0,36
Аніонні СПАР	0,019	0,022	0,013
Нафтопродукти	0,050	0,033	0,01
Хром (загальний)	0,0251	0,011	-----
Купрум	0,0091	0,0065	-----

Продовження табл. 4.4.

Плюмбум	0,0248	0,0339	-----
Манган	0,1862	0,1023	-----
Кадмій	0,0068	0,0045	-----
Цинк	0,0052	0,0152	-----

У роботі [153] проведено оцінку стану забруднення підземних вод внаслідок впливу Львівського полігону ПВ.

Проведено відбір проб підземних вод зі свердловини № 26а, що розташована на території Малехівської сільської ради, впродовж 2012 – 2013 рр. Параметри цієї свердловини такі: діаметр $d=100$ мм; глибина $h=30$ м; час прокачування до моменту відбору проб $t=40$ хв.; координати GPS навігатора N $49^{\circ}54'05.3''$ E $24^{\circ}02'46,2''$.

Проведено аналіз підземних вод із свердловини спостереження № 26а та встановлено середнє перевищення ГДК нормативів СанПіНу № 4630-88, а саме: загальне залізо, найвищий показник перевищення ГДК якого у 1-му кварталі 2012 р. становив 27,6 рази; в 2-му кварталі цього ж року – 13,9 рази; у 1-му кварталі 2013 р. – у 10,1 рази, а у 2-му та 3-му кварталах – 15,6 та 17,3 разів; середнє перевищення ГДК завислих речовин у 1-му кварталі 2012 року становить 5,6 рази; у 2-му кварталі – у 56 разів; у 1-му, 2-му та 3-му кварталах 2013 р. – 47,7, 46,1 разів, та 52 рази. Спостерігається середнє перевищення ГДК за твердістю, у 1-му та 2-му кварталі 2012 р. – у 1,2 та 1,1 рази; у 1-му кварталі 2013 р. перевищень нема, а у 2-му та 3-му кварталах – у 1,28 разів. Середнє перевищення ГДК вмісту Кадмію становить у 1-му кварталі 2012 р. – у 7,8 рази, 2-му кварталі – у 10,3 рази, у 1-му кварталі 2013 р. – у 4,3 рази, 2-му та 3-му кварталах, відповідно, 5,5 та 11,5 разів. Помітним стає середнє перевищення ГДК Мангану лише у 2-му та 3-му кварталі 2013 р. – 20,7 і 5,7 разів. Середнє перевищення ГДК вмісту Плюмбуму: у 2-му кварталі 2012 р. – у 3,3 рази, а у 1-му, 2-му та 3-му кварталі 2013 р. – відповідно, 6,9, 3,1 та 3,33 рази. Середнє перевищення ГДК вмісту Ніколю спостерігається тільки у 1-му кварталі 2013 р.

– 2,7 рази. Середнє перевищення ГДК спостерігається у 2-му кварталі 2013 року для фосфатів – 1,1 рази.

У таблиці 4.5 представлено результати аналізу відібраних проб підземних вод із свердловини спостереження № 26а – 3-го кварталу 2013 р.

Таблиця 4.5

Результати замірів підземних вод із спостережної свердловини № 26а

Дата відбору: 25.09.2013 р.	Результати замірів	ГДК Згідно СанПіН №4630-88
Хлориди	106,4	350,0
Кальцій	96,2	-
Магній	51,1	-
Азот амонійний	1,24	2,0
Нітрити	0,035	3,3
Нітрати	0,1	45,0
Фосфати	0,025	3,5
Залізо загальне	5,2	0,3
Нафтопродукти	0	0,3
Аніонні СПАР	0	0,5
Завислі ре-ни	13	0,25
Твердість	9	7,0
Цинк	0,0382	1,0
Кадмій	0,0115	0,001
Манган	0,57	0,1
Плюмбум	0,1	0,03
Купрум	0,0938	1,0
Хром загальний	0,0028	н/н

Відповідно до наведених результатів дослідження якості підземних вод впродовж 2012 – 2013 рр., виявлений факт свідчить про те, що ЛКП “Збиранка” недостатньо вживалися заходи щодо попередження та недопущення забруднення фільтратами підземних вод. Забруднення підземних вод є порушенням вимог статей 105 Водного кодексу України.

4.4. Оцінювання рівня забруднення ґрунтів

Враховуючи масштаби і значимість проблеми сміттєзвалищ усіх країн світу, зокрема й України, а саме проблема невідповідності полігонів побутових відходів (сміттєзвалищ) встановленим нормам, що є однією із причин

погіршення вмісту хімічних показників ґрунту на території та навколо полігону твердих побутових відходів, існує необхідність в обґрунтуванні параметрів забруднення ґрунтів, з метою їх контролю та локалізації із ціллю покращення екологічної ситуації довкілля та зменшення захворюваності населення в межах впливу сміттєзвалищ.

Найбільш небезпечними з точки зору екології, токсикології і гігієни, а тому й пріоритетними показниками екологічного стану ґрунтів, вважається забруднення важкими металами [154–156], відповідно до цього, дослідження пов'язані з вивченням забруднення ґрунтового покриву, а саме визначенням вмісту важких металів у місцях складування відходів, що є актуальним, оскільки визначення їх вмісту є обов'язковим при оцінюванні стану навколишнього середовища стосовно безпеки життєдіяльності людини.

У праці [157] проведено оцінювання негативного екологічного впливу Львівського полігону ПВ на земельні ресурси та у працях [158–159] визначено елементний склад відібраних проб ґрунтів на різних відстанях на території Львівського полігону побутових відходів.

Увагу вчених-екологів до техногенних джерел надходження важких металів в біосферу пояснюється зі збільшенням об'ємів промислових викидів і відходів. Проблема звалищ побутових відходів – це проблема великих міст, оскільки під час зберігання відходи зазнають змін, в результаті на звалищах утворюються нові екологічно небезпечні речовини, що становлять серйозну загрозу для навколишнього середовища та здоров'я населення [160]. Тривале накопичення ПВ на звалищах призводить до виникнення непередбачуваних фізико-хімічних чи біохімічних реакцій, продуктами яких можуть бути численні токсичні хімічні сполуки в рідкому, твердому та газоподібному станах, які впливають на стан здоров'я людей на прилеглих територіях [161].

Встановлено, що ПВ вміщують більше 100 найменувань токсичних сполук і серед них: барвники, пестициди, важкі метали, розчинники, формальдегід [162].

За деякими оцінками науковців, біля 20 % орних земель країни у тій чи іншій мірі забруднено важкими металами. Чорноземні ґрунти страждають від забруднення менше, ніж ґрунти, у яких проходять елювіально-ілювіальні процеси. Але накопичення важких металів у ґрунтах різного генезису безпечно лише до певного рівня, поки рослина здібна протистояти забрудненню [163–164]. Тому, звалища побутових відходів погіршують стан навколишнього середовища та становлять загрозу здоров'я населення.

Забруднювальні речовини, які надходять від сміттєзвалищ на поверхню і надходять у глиб ґрунту в межах генетичного профілю (де генетичні профілі виступають як геохімічні бар'єри) можуть затримувати техногенний потік забруднювачів [165]. Кількість та розподіл важких елементів за профілями залежить від особливостей хімічних елементів, джерел і характеру надходження, водно – повітряного режиму та водно-фізичних властивостей ґрунту та інше [166]. У процесі фільтрації, тобто надходження в ґрунтовий профіль, забруднений техногенний потік проходить декілька ґрунтово - геохімічних бар'єрів або горизонтів таких, як ілювіальні різних типів, карбонатні, гіпсові, солонцеві тощо [167]. В ілювіальних і типових горизонтах нагромаджується низка мікроелементів, які не зазнають впливу забруднюючо – техногенних потоків, але в ілювіальних горизонтних ґрунтах здійснюється накопичення важких елементів таких, як мідь, бор, свинець, марганець, нікель та інші [168]. Ці та інші елементи утворюють легкорозчинні форми, які складають найбільшу небезпеку для підземних вод і підпорядкованих ландшафтів. Ці та інші поняття, щодо розподілу та переміщення важких металів в ґрунтах, особливо легкого гранулометричного складу, ще не достатньо вивчені. Відмічене стосується законсервованих та існуючих звалищ побутових відходів.

Для досягнення мети виконано польові роботи, де й було відібрано 12 проб ґрунтів відповідно до ДСТУ 4287:2004 [169] на прилеглих до

сміттєзвалища територіях, (а саме біля захисної дамби), рис. 4.5.) на різних відстанях, які подано у табл. 4.6.



Рис. 4.5. Територія відбору проб ґрунтів

Таблиця 4.6

Кількість та місце проб, відібраних на території Львівського полігону ПВ

№ проби	Місце відбору проби
1	10 м від захисної дамби інфільтраційних вод та 80 м від під'їздної дороги ПВ
2	15 м від захисної дамби та 100 м від під'їздної дороги ПВ
3	20 м від захисної дамби (електричний стовп № 1)
4	20 м від захисної дамби і 20 м від стовпа № 1 , 10 м в бік від меліоративної каналу
5	20 м від захисної дамби і 100 м від стовпа № 1
6	20 м від захисної дамби і 150 м від стовпа № 1
7	50 м від захисної дамби (від електричного стовпа № 2)
8	50 м від захисної дамби і 20 м від меліоративної каналу
9	50 м від захисної дамби і 50 м від меліоративної каналу
10	50 м від захисної дамби і 100 м від меліоративної каналу, від під'їздної дороги полігону ПВ
11	50 м від захисної дамби і 100 м від меліоративної каналу, 20 м від стовпа № 2
12	Зона лісосмуги

Безпосередній процес дослідження елементного складу відібраних проб ґрунтів здійснювався у навчально-науковій лабораторії екологічного контролю та експертизи Національного університету “Львівська політехніка” в Інституті екології, природоохоронної діяльності та туризму ім. В.Чорновола рентгенофлуоресцентним аналізатором “EXPERT-3L”, який зображено на рис. 4.6.

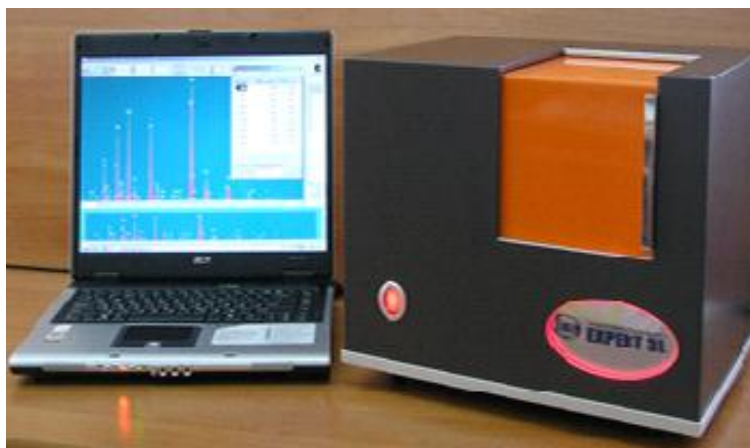


Рис. 4.6. Рентгенофлуоресцентний аналізатор “EXPERT-3L”

Аналізатор “EXPERT-3L” призначено для вимірювання масової частки (%) основних хімічних елементів методом рентгенофлуоресцентного аналізу. Він дає змогу з високою точністю (соті долі відсотка) визначати вміст хімічних елементів в діапазоні від натрію до урану. Тому для кожної проби ґрунту проведено вимірювання на аналізаторі та отримано результати масових часток елементів в золі у відсотках (%) та розрахувавши за формулою 4.1:

$$C_1 = \frac{C_2 m_2}{m_1}, \quad (4.1)$$

отримано концентрацію елемента у ґрунті (C_1).

де C_2 – концентрація елемента в золі, мг/кг, $C_2 = W \cdot 10^{-4}$;

w – масова частка елемента в золі, %;

m_1, m_2 – відповідно маси ґрунту до і після прожарювання, г.

Визначено коефіцієнти забруднення (K_z) ґрунтів важкими металами з точністю до 0,01 за формулою (4-2):

$$K_z = \frac{C_{Me}}{C_{Me(f)}}, \quad (4.2)$$

де C_{Me} – концентрація важких металів у ґрунтах, мг/кг;

$C_{Me(f)}$ – фонові концентрації важких металів у ґрунтах, мг/кг (проба № 12 – зона лісосмуги).

Визначено концентрації важких металів у вищезазначених пробах в тому числі і фонову концентрацію, які подано у табл. 4.7, що дає змогу провести порівняння концентрації кожної проби за допомогою графіків, які наведено нижче.

Таблиця 4.7

Концентрація елемента у ґрунті 12 проби (зона лісосмуги)

Елемент	W, мас. доля, %	C, концентрація елемента в ґрунті, мг/кг
Al	0.788±0.207	7880,0
Si	49.810±0.186	498100,0
S	0.679±0.078	6790,0
K	4.307±0.031	43070,0
Ca	34.376±0.137	343760,0
Ti	1.929±0.056	19290,0
Mn	0.194±0.012	1940,0
Fe	7.270±0.046	72700,0
Zn	0.025±0.002	250,0
Rb	0.042±0.002	420,0
Sr	0.150±0.003	1500,0

У пробі 12 ґрунту найбільшу концентрацію мають кремній, калій, кальцій, титан та залізо.

На рис. 4.7 – 4.12 подано концентрації проб 1 – 11 та проби 12 (фонові концентрації).

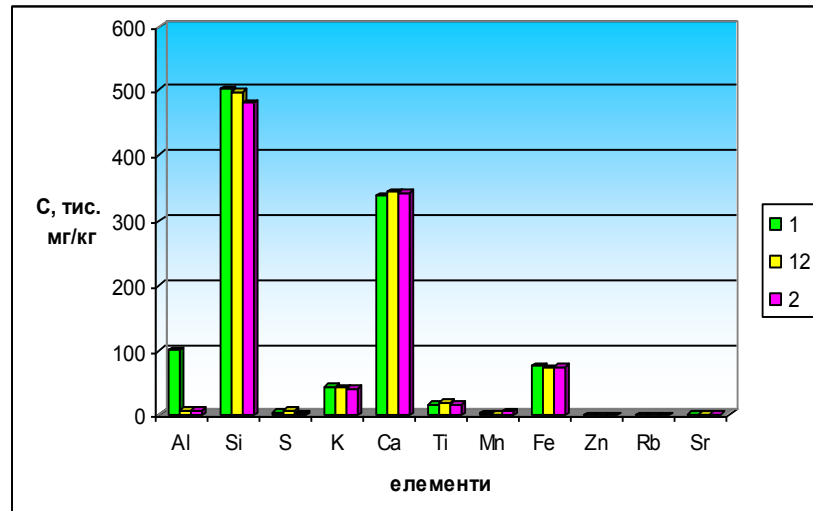


Рис. 4.7. Концентрації елементів проб 1, 2 та 12 (фонова концентрація)

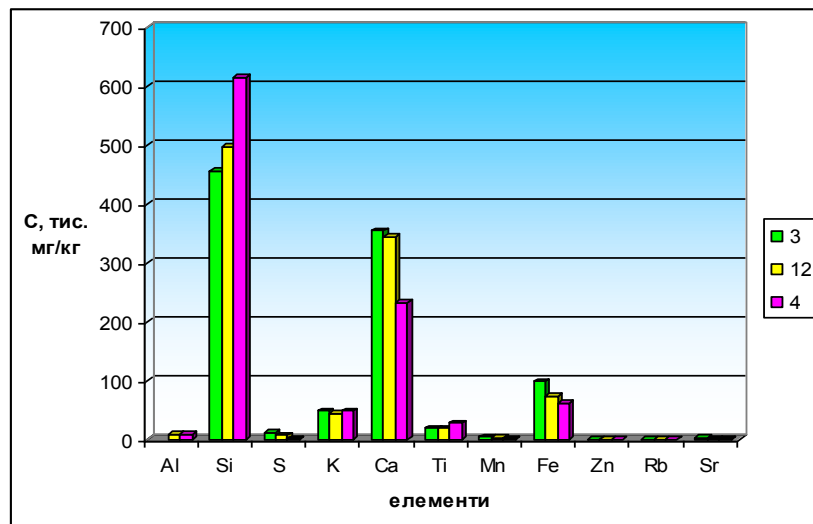


Рис. 4.8. Концентрації елементів проб 3, 4 та 12 (фонова концентрація)

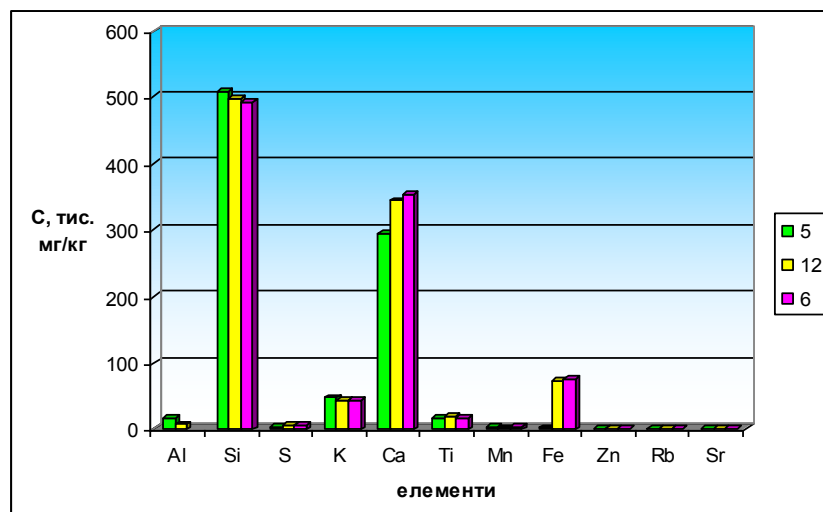


Рис. 4.9. Концентрації елементів проб 5, 6 та 12 (фонова концентрація)

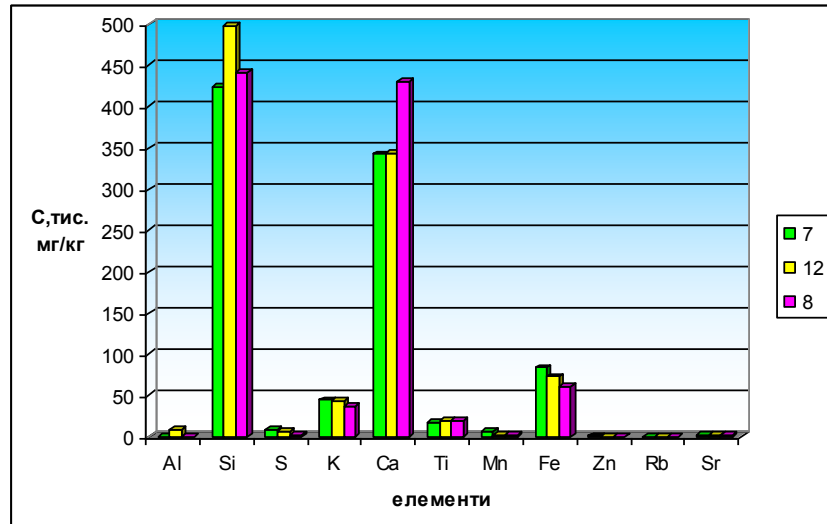


Рис. 4.10. Концентрації елементів проб 7, 8 та 12 (фонова концентрація)

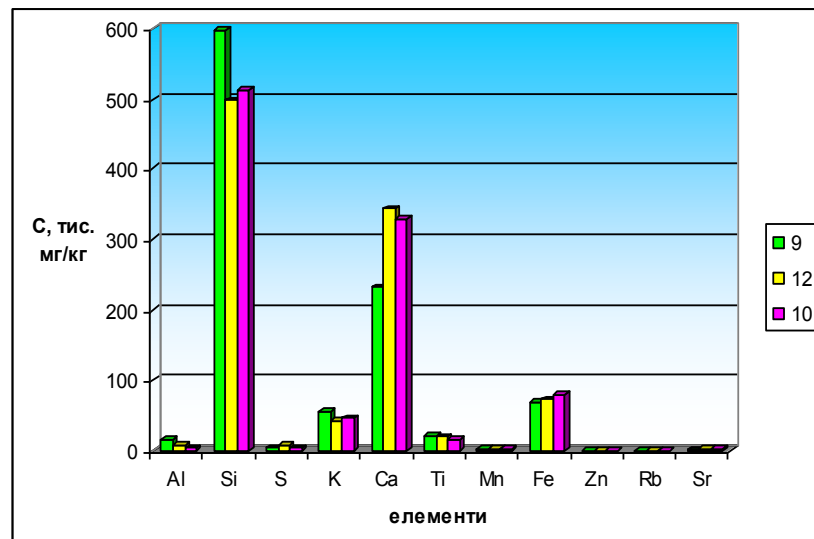


Рис. 4.11. Концентрації елементів проб 9, 10 та 12 (фонова концентрація)

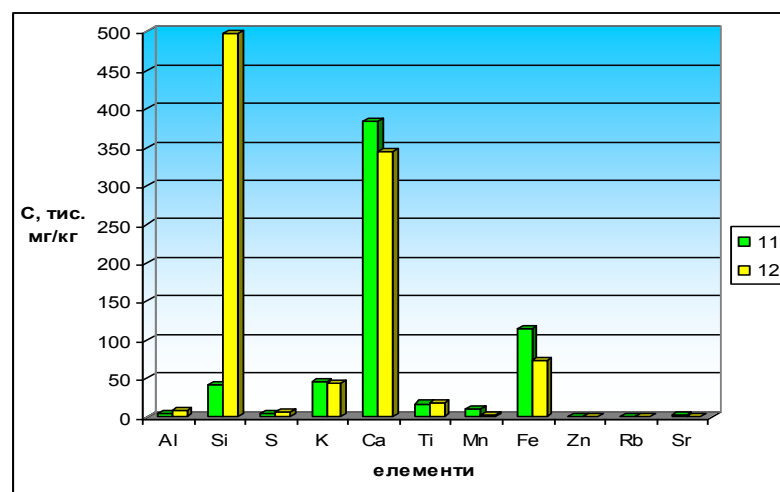


Рис. 4.12. Концентрації елементів проби 11 та 12 (фонова концентрація)

Відповідно до ГОСТ 17.4.1.02-83, у ґрунтах, в першу чергу, необхідно проводити контроль за вмістом важких металів, які найбільш потенційно небезпечні, котрі відносять до I класу небезпеки (дуже небезпечні), а саме: Арсен (As), Кадмій (Cd), Меркурій (Hg), Селен (Sn), Плюмбум (Pb), Цинк (Zn), Флюор (F); у другу – вміст важких металів II класу небезпечності (помірно небезпечні): Бор (B), Кобальт (Co), Нікол (Ni), Молібден (Mo), Купрум (Cu), Стійбій (Sb), Хром (Cr); у третю чергу (малонебезпечні) – важкі метали III класу небезпеки: Барій (Ba), Ванадій (V), Вольфрам (W), Манган (Mn), Стронцій (Sr), відповідно до державних стандартів.

Відповідно до цього, варто звернути увагу на перевищення ГДК деяких з цих металів, зокрема манган, цинк та стронцій, які виявлено у вище наведених пробах та представлено на рис. 4.13, 4.14 та 4.15.

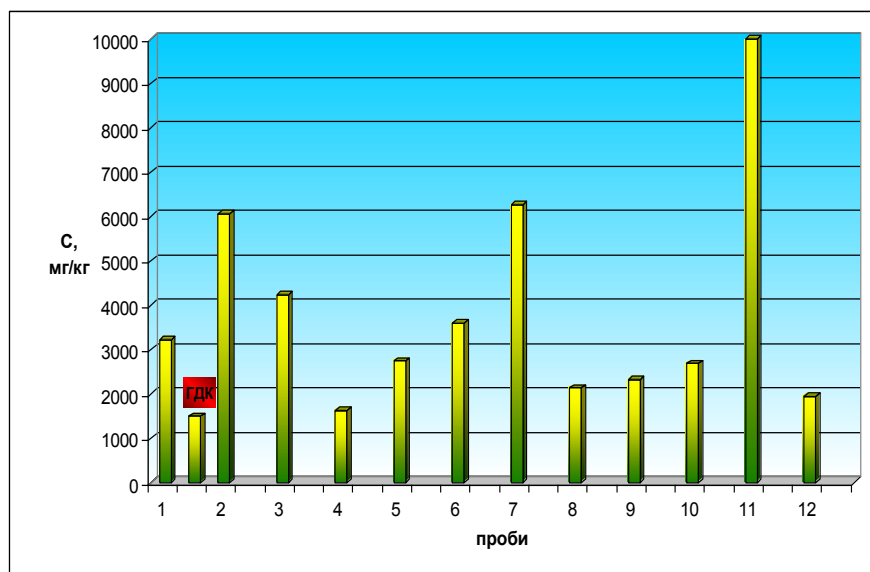


Рис. 4.13. Концентрація Мангану у ґрунті в залежності від місця відбору проби

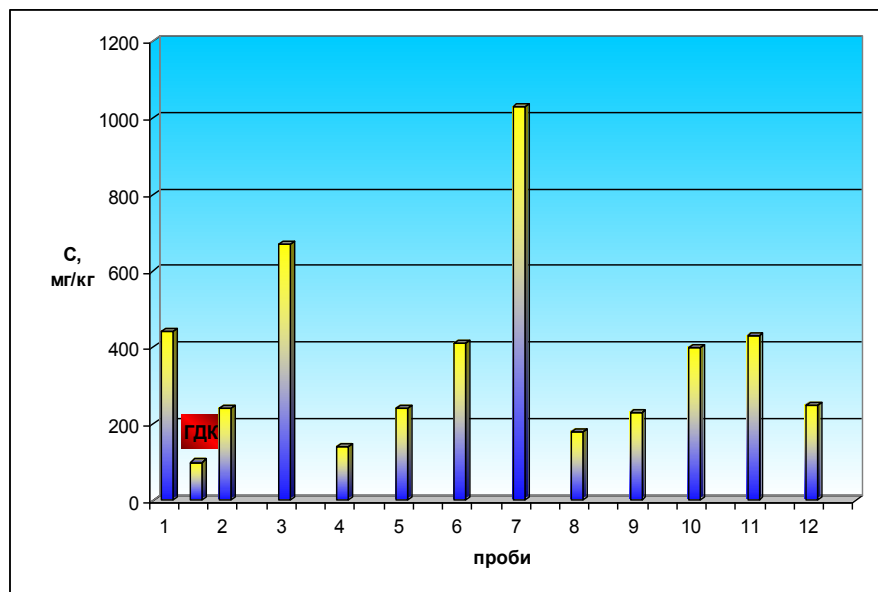


Рис. 4.14. Концентрація Цинку у ґрунті в залежності від місця відбору проби

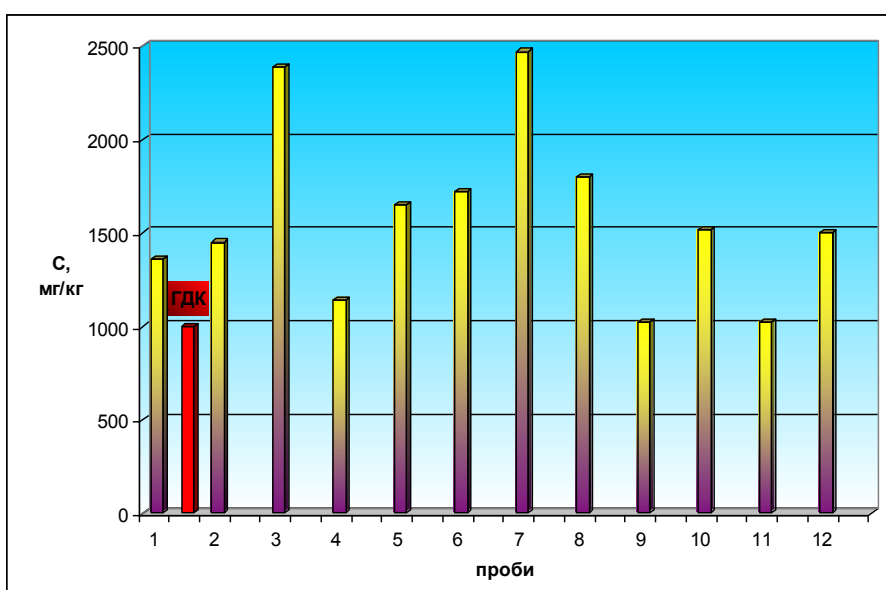


Рис. 4.15. Концентрація Стронцію у ґрунті в залежності від місця відбору проби

З вище поданих даних, простежується перевищення ГДК кожного із представлених елементів у кожній пробі.

Згідно виявлених коефіцієнтів забруднення проб ґрунтів важкими металами, відібраних на території Львівського полігону побутових відходів,

прослідкуємо динаміку розподілу деяких важких металів, зокрема, Цинку (Zn), Мангану (Mn), та Стронцію (Sr), які подано на рис. 4.16 – 4.18.

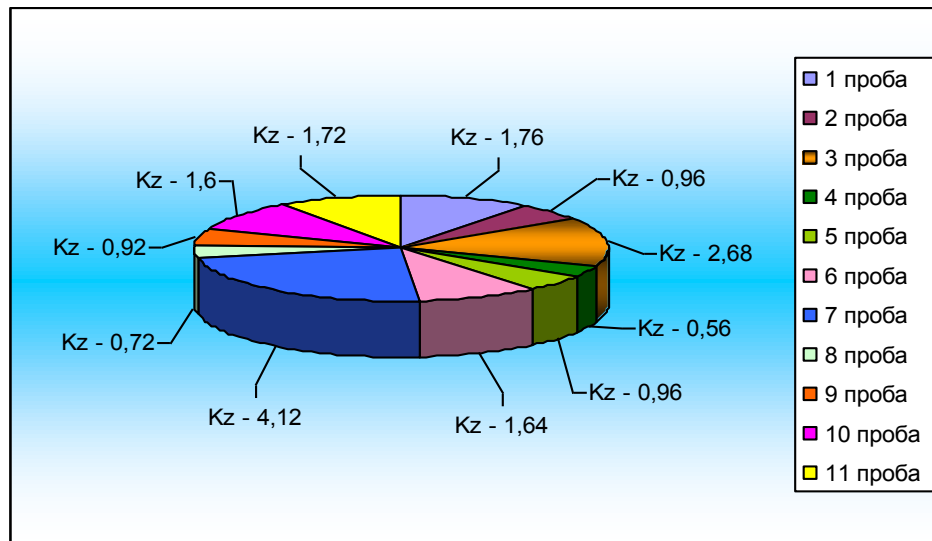


Рис. 4.16. Значення коефіцієнта забруднення (Kz) Цинку (Zn) у відібраних пробах ґрунту

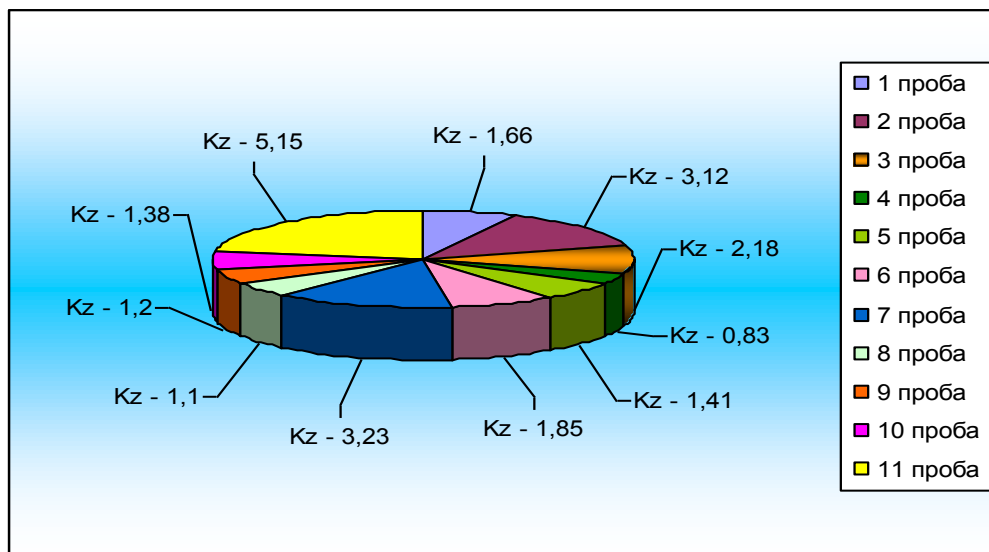


Рис. 4.17. Значення коефіцієнта забруднення (Kz) Мангану (Mn) у відібраних пробах ґрунту

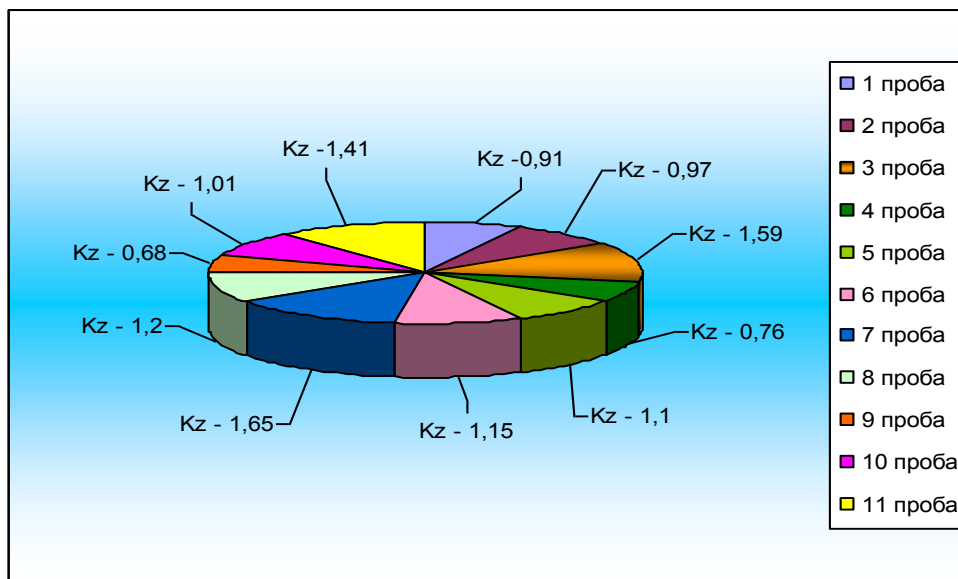


Рис. 4.18. Значення коефіцієнта забруднення (Kz) Стронцію (Sr) у відібраних пробах ґрунту

З вище поданих діаграм щодо розподілу коефіцієнтів забруднення цинку, марганцю та стронцію на різних відстанях, можна прослідкувати нерівномірну тенденцію їх розподілу, оскільки на початкових відстанях 10, 15 метрів, коефіцієнти забруднень помітно зростають у Мангану та Стронцію, але у випадку Цинку на початкових відстанях простежується спад. Увагу привертає, коефіцієнт забруднення Мангану, який проявив себе найбільше на близькій відстані до фонові проби.

4.5. Оцінювання стану атмосферного повітря

У праці [170] здійснено аналіз негативного екологічного впливу Львівського полігону ПВ на атмосферне повітря регіону.

У процесі захоронення ПВ на полігонах в атмосферне повітря виділяються забруднювальні речовини: метан, толуол, ксилол, аміак, формальдегід, сірководень та інші, які негативно впливають на здоров'я людей, навколишнє природне середовище та сприяють загорянню сміттєзвалища особливо у літній період. Вони є продуктами розкладання органічної складової

відходів (харчові та рослинні відходи, макулатура та текстиль). Відповідно до цього міською владою Львова було укладено договір з компанією “ГАФСА” про дегазацію Грибовицького сміттєзвалища. ТзОВ “ГАФСА” виконувало такі роботи для покращення стану довкілля на території Львівського полігону: очищення ґрунтових вод, буріння свердловин, дегазація газу на сміттєзвалищах, оцінювання газоносності, складання моделей. ТзОВ “Гафса” 22.06.2009 року одержало дозвіл на відбір звалищного газу – викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, відповідно до якого планувалося провести дегазацію Львівського міського полігону обсягом 15 млн. м³/рік. Система дегазації на полігоні ПВ у селі Грибовичі Львівської області забезпечувалася мережею 150 газовідвідних свердловин, яка охоплювала територію 26,5 га, 21 колектором з гребінками-газозбірниками, які влаштовані в районі розташування свердловин, викидними газозбірними, магістральними та центральними газопроводами, прокладеними на звалищі.

За даними департаменту екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації, дегазацію здійснювали до 2011 року. На сьогодні мережу газовідвідних свердловин зруйновано, дегазація не проводиться. Відповідно за період 2012-2013 рр. та по теперішній час викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря з тіла сміттєзвалища здійснюють несанкціоновано, без утилізації біогазу обсягом приблизно до 40 млн. м³.

4.6. Експериментальні дослідження забруднення територій біля Львівського полігону ПВ (після обвалу сміття у травні 2016 р.)

У зв'язку із обвалом сміття на Львівському полігоні ПВ 30.05.2016 р., відбулося пошкодження захисної дамби та витік інфільтрату у потік з подальшим потраплянням у р. Малехівку (басейн р. Західний Буг). В рамках екологічного контролю проведено відбір проб поверхневих вод та ґрунтів для

визначення впливу наслідків надзвичайної ситуації на території впливу Львівського сміттєзвалища.

У праці [171] проведено оцінювання перевищень ГДК у пробах ґрунту та поверхневих вод. За результатами лабораторних визначень у пробах ґрунту, відібраних 15.06.2016 р., встановлено перевищення нормативів ГДК у таких точках:

1. Об'єднана проба ґрунту на схід від станції очищення фільтратів відносно фону: амоній (обмінний) у перерахунку на азот амонійний – у 2,5 рази, хлориди – у 57 разів, Кадмій (рухома форма) – у 5,8 разів, Купрум (рухома форма) – у 2,4 рази щодо ГДК, Манган (рухома форма) – у 5,1 рази, Плюмбум (рухома форма) – у 3,8 рази щодо ГДК, Ферум (рухома форма) – у 16 разів.

2. Об'єднана проба ґрунту на схід від дамби озера з інфільтратом відносно фону: амоній (обмінний) у перерахунку на азот амонійний – у 2,2 рази, хлориди – у 87 разів, Кадмій (рухома форма) – у 6,2 рази, Манган (рухома форма) – у 5,1 рази, Плюмбум (рухома форма) – в 1,9 рази щодо ГДК, залізо (рухома форма) в 15,3 разів.

3. Об'єднана проба ґрунту приблизно за 10 м на південний-схід від дамби озера з інфільтратом відносно фону: амоній(обмінний) у перерахунку на азот амонійний – у 4,1 рази, Кадмій (рухома форма) – у 2,1 рази, Манган (рухома форма) – в 5,1 рази, Плюмбум (рухома форма) – у 1,3 рази щодо ГДК, Ферум (рухома форма) – у 15,8 разів.

За результатами лабораторних визначень у пробах поверхневих вод, відібраних 15.06.2016 р., встановлено перевищення нормативів ГДК у таких точках:

1. Поверхнева вода в місці сходження обвідних каналів біля автодороги Львів – Рава-Руська, приблизно 1 км від підніжжя полігону ПВ. Перевищення зафіксовано за такими показниками: хлориди – в 1,7 рази, азот амонійний – в 5,6 разів, ХСК – в 9,2 рази, залізо загальне – в 2 рази, сухий залишок – в 1,8

рази, аніонні синтетичні поверхнево-активні речовини – в 1,3 рази, Кадмій у 14,5 разів, Манган у 7,5 разів, Плюмбум – у 2 рази.

2. Річка Малехівка, міст біля готелю “Варшава”, автодорога Львів – Рава-Руська (фонова проба). Перевищено вміст Кадмію у 4,5 рази.

3. Річка Малехівка, міст в с. Малехів, приблизно 100 м нижче впадіння меліоративного каналу, в який потрапив інфільтрат. Перевищено вміст Кадмію у 7,2 рази, Мангану у 2 рази.

З результатів проведених досліджень проб, відібраних у річці Малехівка до і після впадання в канал, у який потрапив інфільтрат з полігону ПВ, можна зробити висновок про вплив на водний об’єкт внаслідок вимивання та дренажу інфільтратних вод.

Перевищення норм ГДК спостерігається за такими показниками, а саме: Кадмій – у 4,5 рази (фонова проба) та у 7,2 рази після впадання в канал; Манган у 2 рази після впадання каналу, решта показників не перевищують норм СанПіН 4630-88, що є допустимим для водних об’єктів, які протікають у межах населеного пункту.

4.7. Розроблення рекомендацій щодо покращення екологічного стану територій, прилеглих до Львівського полігону ПВ

Тривала експлуатація Львівського сміттєзвалища не відповідала “Санітарним правилам облаштування і утримання полігонів для побутових відходів”. Нині як і раніше у районі сміттєзвалища розміщено декілька накопичувачів кислих гудронів, загальний об’єм яких, становить близько 200 тис. тон, що призводило та продовжує призводити до забруднення поверхневих і підземних вод.

Праці [172, 173] присвячено комплексному вирішенню проблеми Львівського сміттєзвалища та оцінюванню впливу Львівського полігону побутових відходів на екологічний стан гідросфери. Вперше здійснено

аудиторську перевірку ЛКП “Збиранка” [145], яка експлуатувала цей полігон. Сьогодні Львівський полігон побутових відходів вважається одним із найдавніших та екологічно найнебезпечнішим полігоном в Україні, який під час експлуатації втричі перевищив передбачені санітарні норми та терміни функціонування.

У праці [174] розроблено рекомендації щодо покращення екологічного стану прилеглих територій до Львівського полігону ПВ, зокрема:

- розробити та реалізувати проект комплексної рекультивациі та дегазациі полігону, а також розташованих біля нього збірники кислих гудронів. Першочерговим завданням при цьому є перекриття поверхні звалища слабофільтрувальними ґрунтами, що істотно зменшить об’єми фільтрату;

- слід влаштувати перехоплювальні траншеї з метою локалізациі існуючих витоків гудронів і забезпечити систематичне їх вивезення на звалище;

- не допускати вирощування сільськогосподарських культур у межах санітарно-захисної зони;

- ліквідувати локальні смітники поблизу сіл В. Грибовичі та Збиранка;

- забезпечити виконання моніторингових спостережень за динамікою змін екологічного та санітарно-гігієнічного стану компонентів довкілля у сфері впливу полігону;

- вести пошук інвесторів для створення сучасного об’єкту приймання та перероблення ПВ, що забезпечить перетворення сфери управління побутовими відходами на самоокупну та рентабельну галузь.

Також необхідні заходи і щодо самого вже закритого Львівського полігону ПВ, зокрема:

- дезактивувати відходи і вивести з експлуатації очисні споруди і сховища;

- покрити полігон консервувальним шаром;

- підтримати існуючу систему моніторингу стану ґрунтових вод впродовж усього періоду закриття полігону;
- запобігти поширенню забруднювальних речовин з території полігону внаслідок ґрунтових і поверхневих витоків, а також викидів атмосфери;
- продовжити відведення поверхневого стоку з полігону;
- запобігти водній ерозії та вивітрюванню;
- запобігти скупченню води й інфільтрації на поверхні полігону;
- відновити та продовжити збір, відведення й перероблення газу, що виділяється, що дасть змогу суттєво економити існуючі енергоресурси;
- підтримати цілісність шару покриття;
- обмеження доступу сторонніх на територію закритого полігону;

План заходів на період закриття полігону має бути розраховано на термін не менше тридцяти років. Цей середній строк може бути зменшений або збільшений залежно від технічного стану полігону після закриття й інформації про поширення забруднювальних речовин за межі полігону. Законсервований належним чином полігон можна використовувати для загальних потреб, наприклад для організації автостоянки або парку. У цьому випадку особливі вимоги повинні ставитися до якості шару покриття й моніторингу виділень шкідливих речовин з поверхні.

4.8. Заходи щодо покращення стану ґрунтового покриву території Львівського полігону ПВ

Питання складування побутових відходів є актуальними і результати їх детального вивчення вказують на значний негативний вплив полігонів ПВ на довкілля. Нехтування вимогами з утилізації відходів призводить до того, що такі об'єкти стають джерелом інтенсивного екологічного навантаження на природне середовище: атмосфери, ґрунтового покриву, поверхневих і підземних вод [175, 176].

На жаль, на сьогодні відсутні суттєві зрушення, пов'язані з утилізацією та знешкодженням відходів, закриттям полігонів та їх повним процесом рекультивації, натомість продовжують експлуатувати полігони ПВ, як у нашому випадку – Львівський полігон ПВ, який втричі перевищив передбачені санітарні норми та терміни свого функціонування. Проте, дане питання не втрачає гостроти й уваги громадськості та науковців, а й надалі набуває все більш особливого та актуального характеру.

У праці [177] розроблено комплекс заходів щодо покращення стану ґрунтового покриву Львівського полігону ПВ.

Одним з ефективних заходів у вирішенні питань раціонального використання земельних ресурсів і проблеми охорони природи в цілому є рекультивація.

Враховуючи складну екологічну ситуацію особливого значення набуває біологічний етап рекультивації полігону. Рекультивацію земель зайнятих під сміттєзвалище необхідно розглядати як технологію оптимізації ландшафтів з раціональною організацією території, яка забезпечує еколого-біологічний та господарсько-соціальний ефект.

Багаторічний досвід наукових досліджень засвідчив важливість формування стабільного рельєфу, який на відновлених землях проходить декілька стадій з переважанням характерних специфічних процесів: осідання, деформація поверхні та інше [178].

Беручи до уваги те, як застосовують технологію рекультивації полігону ПВ, пропонується дещо її підкоректувати, а саме:

- на інженерно-технічному етапі рекультивації ліквідувати умови, які сприяють виникненню локальних просідань поверхні;
- після першого планування поверхні і до покриття її родючим шаром ґрунту ввести стабілізаційно-фітомеліоративний період терміном не менше 10-15 років;

– в перші роки стабілізаційно-фітомеліоративного періоду вирощувати одновидові багаторічні бобові трави: буркун білий – люцерна посівна, буркун білий – еспарцет піщаний, люцерна посівна – еспарцет піщаний, еспарцет піщаний – люцерна посівна. Завдяки фітомеліоративним можливостям багаторічних трав майбутнє підґрунтя рекультивованих земель набуває сприятливих агрохімічних і біологічних властивостей.

Найбільш екологічно та економічно доцільним заходом із знешкодження негативного впливу порушених техногенних земель на довкілля вважається лісова рекультивація. Лісові насадження найкраще очищають ґрунти від забруднень, сприяють запобіганню їх міграції в ґрунті. Лісова рекультивація передбачає вирощування на порушених землях відповідного набору лісових культур.

Підбираючи лісові культури для вирощування на рекультивованих землях, треба врахувати їх біологічні особливості. Дослідження показали що найкраще використовувати для покращення росту та стану сосни звичайної – вільху чорну, ці породи відповідають лісотехнічним вимогам, що дає змогу в найкоротші строки отримати як екологічний, так і економічний ефект від біологічної рекультивації, який може бути підвищено внесенням різних меліорантів.

4.9. Висновки до розділу 4

1. Досліджено гідрохімічні показники проб дренажних вод Львівського полігону ПВ після очищення та встановлено перевищення ГДК зважених речовин у 74,4 рази; сухого залишку у 1,47 рази; нітрогену амонійного у 6,25 рази; хлоридів у 1,38 рази; фосфатів у 8,52 рази; загального заліза у 9,33 рази; ХСК у 8,5 рази; БСК₅ у 4,26 рази.

2. За результатами дослідження проб поверхневих вод р. Малехівка вище та нижче місця впадіння меліоративного каналу встановлено перевищення ГДК

мінералізації у 1,24 рази – 100 м нижче впадіння меліоративного каналу, завислих речовин – у 72 рази – 50 м вище впадіння меліоративного каналу та у 60 разів – 100 м нижче впадіння меліоративного каналу; БСК_п (ГДК 3,0) у 1,77 рази – 50 м вище впадіння меліоративного каналу та у 3,10 рази – 100 м нижче впадіння меліоративного каналу; ХСК (ГДК 15,0) у 1,33 рази – 100 м нижче впадіння меліоративного каналу; Мангану (ГДК 0,1) у 3,975 рази – 100 м нижче впадіння меліоративного каналу; Кадмію (ГДК 0,001) у 5,2 рази.

3. За результатами дослідження замірів якості поверхневих вод – меліоративний канал К–30 встановлено також як незначні так і місцями середні перевищення ГДК, зокрема хлоридів у 3,139 разів, мінералізації у 1,867 разів, завислих речовин у 53,2 рази, БСК₅ у 1,73 рази, БСК_п у 11,53 разів, ХСК у 8,266 разів, Кадмію у 6,8 рази.

4. У пробах підземних вод із свердловини спостереження № 26а – 3-го кварталу 2013 р. встановлено перевищення ГДК, зокрема, загального Феруму у 17,3 разів; завислих речовин у 52 рази, твердості у 1,28 разів, Кадмію у 11,5 разів, Мангану у 5,7 разів та Плюмбуму у 3,33 рази.

5. За результатами дослідження дванадцяти проб ґрунтів, встановлено у кожній пробі перевищення ГДК важких металів, як Манган, Цинк та Стронцій. Встановлено перевищення ГДК у пробах ґрунту – Кадмію – у 2,1-6,8 рази, Купруму – у 2,4 рази, Плюмбуму – у 1,3-3,8 рази, Феруму – у 15,3-16 разів, Мангану – у 5,1 рази, хлоридів – у 57 разів; у пробах поверхневих вод – Кадмію – у 4,5-14,5 рази, Мангану – у 2-7,5 рази.

6. Запропоновано низку рекомендацій, а також план необхідних заходів щодо приведення полігону до стану екологічно безпечної території.

РОЗДІЛ 5

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ РЕГІОНАЛЬНОЇ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ

Результати розділу 5 опубліковано у наукових працях [179, 185, 191, 194, 197].

5.1. Організація інтегрованої системи управління ПВ для Львівської області

В Україні практично у кожному її регіоні, зокрема у Львівській області, практично відсутнє ефективне управління побутовими відходами, оскільки не має дієвих ознак системності та комплексності в організаційних, економічних та соціальних складових у цій діяльності.

У праці [179] розроблено підходи до організації інтегрованої системи управління ПВ для Львівської області.

Нині функції системи контролю та управління ПВ у місті та обласних районних центрах покладено на місцеві органи виконавчої влади (міські, обласні районні адміністрації), і територіальний орган центрального органу виконавчої влади – Державну екологічну інспекцію у Львівській області (ДЕІ). Однак ця система не має науково обґрунтованого забезпечення. Тому необхідною є співпраця із науковою установою – Інститутом сталого розвитку ім. В. Чорновола Національного університету “Львівська політехніка”.

Комплекс цих відомств повинен забезпечити системний підхід для процесу формування ефективної регіональної інтегрованої системи управління ПВ. Запропоновано схему регіональної системи управління ПВ (рис. 5.1).

Основним принципом реалізації цієї системи є співпраця. Вона будується між міськими, обласними районними адміністраціями та державною екологічною інспекцією у Львівській області (відділом державного нагляду за поведженням з відходами).

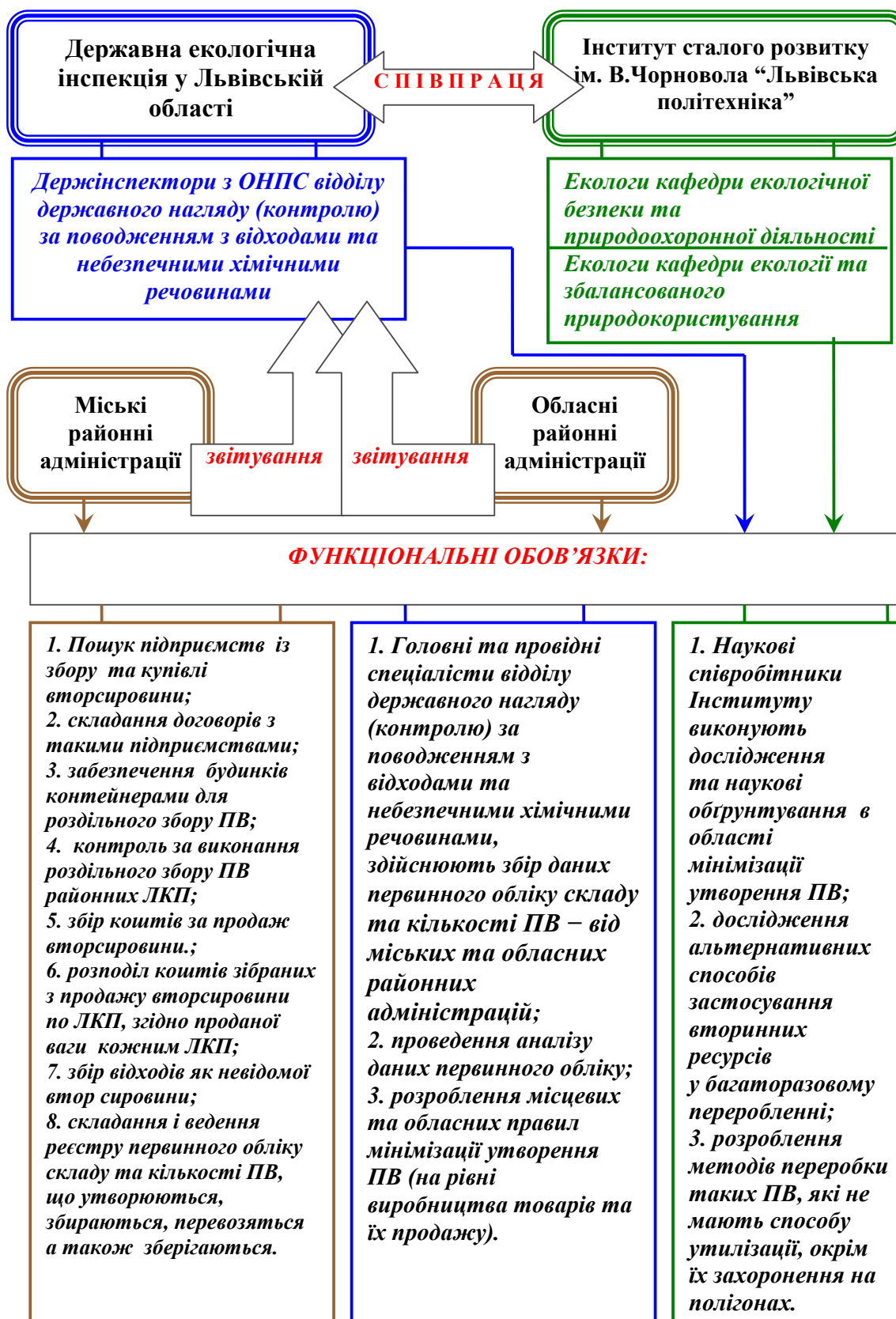


Рис. 5.1. Регіональна система управління ПВ

Співпраця також вибудовується між ДЕІ та Інститутом сталого розвитку ім. В. Чорновола НУ “Львівська політехніка”, зокрема, кафедрами екологічної безпеки та природоохоронної діяльності та екології та збалансованого природокористування. Кожне із цих відомств має свої функціональні обов’язки. Наприклад, міські районні адміністрації, здійснюють: пошук підприємств із збору та купівлі вторсировини; укладення договорів з такими підприємствами; забезпечення будинків контейнерами для роздільного збору ПВ; безпосередній контроль за виконанням цього збору районними комунальними підприємствами (КП); збір коштів за продаж вторсировини та розподіл їх по КП. Неодмінним обов’язком їх є також збір відходів як невідомої вторсировини та складання і ведення реєстру первинного обліку складу та кількості ПВ, що утворюються, збираються, перевозяться і зберігаються.

Функціональним обов’язком ДЕІ у Львівській області є збір спеціалістами відділу державного нагляду (контролю) за поводженням з відходами та небезпечними хімічними речовинами) даних первинного обліку складу та кількості ПВ – від міських та обласних районних адміністрацій. Також аналіз цих даних та розроблення вимог щодо мінімізації утворення ПВ (на рівні виробництва товарів та їх продажу).

Наукові співробітники Інституту сталого розвитку ім. В. Чорновола НУ “Львівська політехніка” виконують дослідження та наукові обґрунтування щодо мінімізації утворення ПВ; розробляють альтернативні способи застосування вторинних ресурсів, зокрема, при багаторазовому переробленні; розробляють методи переробки ПВ, які не мають способу утилізації, окрім їх захоронення на полігонах.

5.2. Методологія сортування побутових відходів: організація та контроль на локальному рівні

Упродовж декількох років в Україні тривала підготовка до запровадження європейських тенденцій сортування побутових відходів [180 – 183]. Однак нині, результат цього є невтішним, оскільки більшість мікрорайонів міста Львова не забезпечено достатньою кількістю контейнерів для селективного збору побутових відходів. Окрім цього, відсутні належна інформативність такого формату розділення сміття та контроль за їх виконанням і дотриманням.

Із першого січня 2018 року в Україні посилили відповідальність за несортоване сміття [184]. Тепер ст. 32 з доданим пунктом і) ЗУ “Про відходи” забороняє захоронення не перероблених (необроблених) побутових відходів, що натомість зобов’язує українців сортувати всі ПВ за видами матеріалів, розділяючи їх на придатні для повторного використання (перероблення), небезпечні, і такі, що підлягають захороненню [184]. За попередніми прогнозами експертів щодо реалізації норми про заборону захоронення не перероблених побутових відходів з першого січня поточного року не мала б можливостей запрацювати через відсутність інфраструктури. Так, нині можна підтвердити цей прогноз, оскільки із першими днями чинності цього пункту (даної статті), перших вдалих результатів як і активних механізмів контролю поки що немає жодних. Окрім того відсутня постанова з переліком і послідовністю операцій з ПВ. Також бракує смітєвих контейнерів для сортування та відсутній контроль щодо їх забезпечення.

Практика сортування відходів в Україні – не нова, проте, не надто поширена та дуже недосконала. Основами проблеми ретельного і системного сортування є: недостатня кількість контейнерів для кожного типу вторинного ресурсу; неорганізоване розташування контейнерів по місту та його мікрорайонів; відсутність якісної та кількісної інформації щодо ПВ, вторинних ресурсів та їх сортування; відсутність заходів і стимулів заохочення підтримувати сортування відходів; відсутність контролю за виконання усіх цих обов’язків. Щоб виправити ситуацію з сортуванням ПВ у місті, необхідно

спершу розпочати роботу на локальному рівні, а саме на рівні житлового комплексу певного мікрорайону міста.

У праці [185] розроблено підходи щодо сортування ПВ на рівні житлового комплексу певного мікрорайону міста.

Питанням вдосконалення системи управління ПВ на регіональному рівні висвітлено у праці [186]. У [187–188] наведено шляхи, заходи та інструменти реалізації удосконалення економічного механізму управління сферою ПВ на державному та регіональному рівні. Сформовано способи, які можуть бути використані як моделі управління ПВ у містах України [52, 90, 142, 141, 189]. Однак, усі ці пропозиції щодо вдосконалення системи управління ПВ на державному, регіональному та муніципальному рівні поки що не можна використати на рівні житлового комплексу.

Методологію роботи базовано на аналізі принципів управління групами ПВ. Під час виконання роботи використано схему торгово-житлового комплексу (ТЖК), з метою окреслити раціональність ведення ефективного управління усіма ПВ.

У 2010 р. у м. Львові запровадили роздільний збір побутових відходів за чотирма фракціями: загальне сміття, скло, папір і пластик. Відтоді у львівських дворах почали з'являтися контейнери з відповідними написами. Однак, не усі мешканці міста дотримувались цього сортування. Причин цьому є декілька. Це відсутність певних контейнерів, сортування відходів мешканцями та неналежне інформування про систему сортування ПВ. Тому, у 2016 р. для міста запропонували нові контейнери – закриті, обладнані кнопкою для відкривання. Нова “закрита” технологія мала б обмежувати поширення неприємного запаху містом, а також ускладнити доступ до сміття безпритульних [189]. Але і така зміна не стала запорукою успішного сортування відходів, оскільки були не виправлені помилки, які запроваджувались із системою сортування ще у 2010 р.

Зазначена проблема у місті існує і до нині. Місто з його мешканцями потребує створення нових організаційних умов, які ґрунтуються на

логістичному процесі накопичення, сортування та рециркулювання побутових відходів. Тому, попри відсутність спеціальних заводів та систем перероблення усіх ПВ, нами пропонується нові підходи їх сортування та управління. Мета їх – мінімізувати обсяг побутових відходів для утилізації на полігонах.

В основу підходу покладено принципи збору та сортування усіх ПВ без виключень. Така ідея розширює логістичне 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 зберігатися до подальшої їх утилізації чи можливості їх експортування у великих обсягах для перероблення. Для тимчасового накопичення та умов їх зберігання у сортованому вигляді мерії місту чи адміністрації його району необхідно буде виділити таку територію з приміщенням.

Однак, передусім, необхідно запровадити логістичну систему управління ПВ на локальному рівні. Цю систему можна реалізувати за допомогою логістичних функцій, які в свою чергу поділяють на процеси та операції управління ПВ на рівні житлового комплексу (ЖК).

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 переробки.

Першим етапом логістичного процесу управління ПВ для ЖК 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. Такими у місті Львові є не один десяток фірм з приймання вторинної сировини. 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 утримання ЖК (рис. 5.2).

Для цього потрібно укласти угоди з фірмами, які здійснюють закупівлю вторинної сировини. Органічні відходи можна запропонувати фермам. Також можна запропонувати мерії місту проект по виготовленню добрива з органічних відходів.

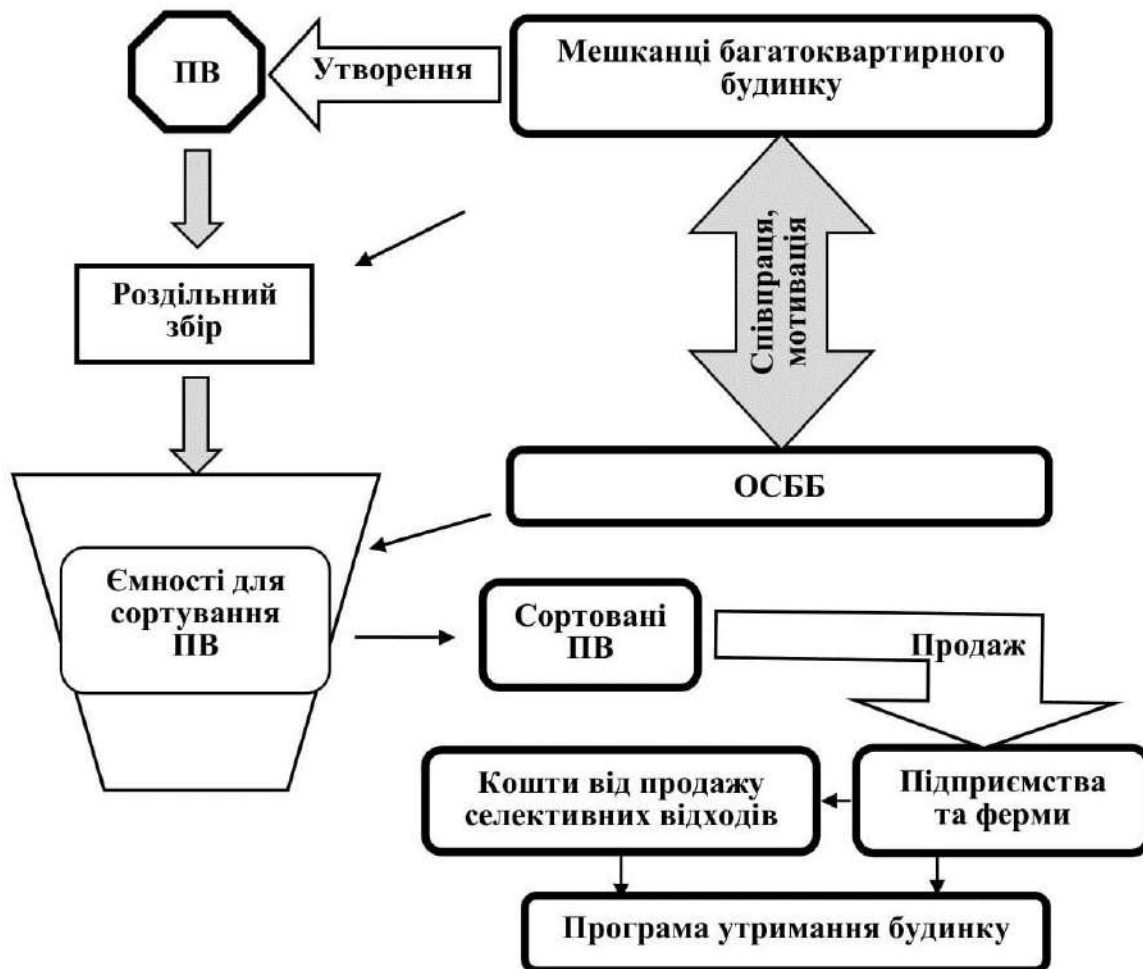


Рис. 5.2. Схема логістичного процесу управління ПВ для ЖК

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 Героїв УПА, 73. Будинок розраховано на 394 квартири. Цей ТЖК повинен задовільнити потреби різної категорії людей: запропонувати місце для проживання сотням працівників, чії офіси розташовані неподалік;

задовільнити купівельні потреби потенційних мешканців житлових будинків та створити громадські простори для проведення дозвілля.

Для належного рівня проживання у цьому ТЖК, потрібно передбачити ще приміщення для потреб збору, сортування та тимчасового зберігання відсортованих вторинних ресурсів. Тому запропоновано для цього ТЖК місце для такого приміщення (рис. 5.3).



Рис. 5.3. Приміщення для збору, сортування та тимчасового зберігання ПВ на схемі ТЖК

Третім етапом, є сама організація приміщення – прибудинкової станції сортування та тимчасового зберігання ПВ (рис. 5.4). Особливістю 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 управління 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, упаковальні відходи, макулатура, інші побутові речі (табл. 5.1).



Рис. 5.4. Приміщення для збору, сортування та тимчасового зберігання ПВ

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. Інформація про відходи, як потенційний вторинний матеріал, буде належати до наявних сегментів сортування ПВ у ЖК, як у табл. 5.1.

У приміщенні сегменту А – у контейнерах збиратимуть органічні відходи для *компосту*. Харчові відходи збирають в паперовий мішок, який поміщають у коричневий контейнер. Компостовані відходи потім перетворюють на поживні ґрунти (біогумус). У контейнер для компосту також збирають органічні відходи з кухонного столу: сирі й варені фрукти, овочі та їх очищення, злаки, шкаралупу яєць, чайну заварку, кавову гущу, залишки трави після приготування настоїв і відварів; м'ясні і рибні відходи (тільки у закриті компостери), залишки приготовленої їжі.

Також до цього контейнеру можна помістити подрібнені паперові відходи з натуральних матеріалів (папір, картон, опакування, подрібнені газети, паперові серветки), садові відходи.

Таблиця 5.1.

Сегменти прибудинкової станції сортування ПВ

Сегмент А Відходи на компост	Сегмент Б ОВ:	Сегмент В Макулатура:	Сегмент Г Інші побутові речі
	<p>1 – з скла (за відтінком): 1а – прозорі; 1б – зелені; 1в – бурштинові; (банки та пляшки); 2 – з металу: 2а – жерстяні банки, кришки; 2б – алюмінієві бляшанки/фольга; 2в – аерозольні балончики (порожні); 3 – з комбінованого матеріалу: на основі паперу і картону, на основі алюмінієвої фольги, металізовані, та ін. (Tetra Pak, Pure Pak, Eco Lean, паперові склянки, термозварювальні опаккування та ін.); 4 – з пластику (7) (за маркуванням): 4а –PET; 4б –HDPE; 4в –PVC; 4г –LDPE; 4г – PP; 4д – PS → PS-E; 4е – Other/O; (флакони, контейнери, пляшки прозорі та кольорові непрозорі – білого, жовтого і чорного кольору, кришки, плівки, пакети); 4е – пластик, що не має позначки з кодом переробки. 5 – з пінопласту</p>	<p>1 – газети; 1а – журнали; 1б – каталоги; 1в – рекламні проспекти; 1г – флаєри; 2 – чистий та використаний папір; 3 – зошити; 4 – книжки та блокноти без палітурки; 5 – картон без поліетиленової плівки; (картонні ящики та пакувальні коробки); 6 – паперові пакети (чисті)</p>	<p>1 – проводи; 2 – дрібні електро-прилади; 3 – запальнички; 4 – батарейки; 5 – лампочки; 6 – склобій; 7 – віконне скло 8 – одноразові бритви; 9 – термометри; 10 – дитячі іграшки; 11 – палітурка від книжок та блокнотів; 12 – касові чеки; 13 – лотки від яєць; 14 – самоклеючий папір, етикетки; 15 – ударостійке скло від гаджетів (смартфонів та планшетів); 16 – термостійке скло (розбитий термостійкий посуд); 17 – хрусталь; 18 – дзеркало; 19 – шпалери; 20 – папір для подарункових пакетів; 21 – малярні стрічки; 22 – фотографії; 23 – обгортки від цукерок, батончиків, карамелі, печива, вафель; 24 – соломинки для пиття; 25 – кераміка; 26 – пачки від цигарок.</p>
Сегмент А Відходи на спалювання			

Не можна викидати недопалки, вкритий воском або плівкою папір, а також інші біологічні відходи, що не розкладаються.

З метою ефективного використання біовідходів та мінімізації змішаного типу відходів пропонується така інтегрована система управління ПВ (рис. 5.5).

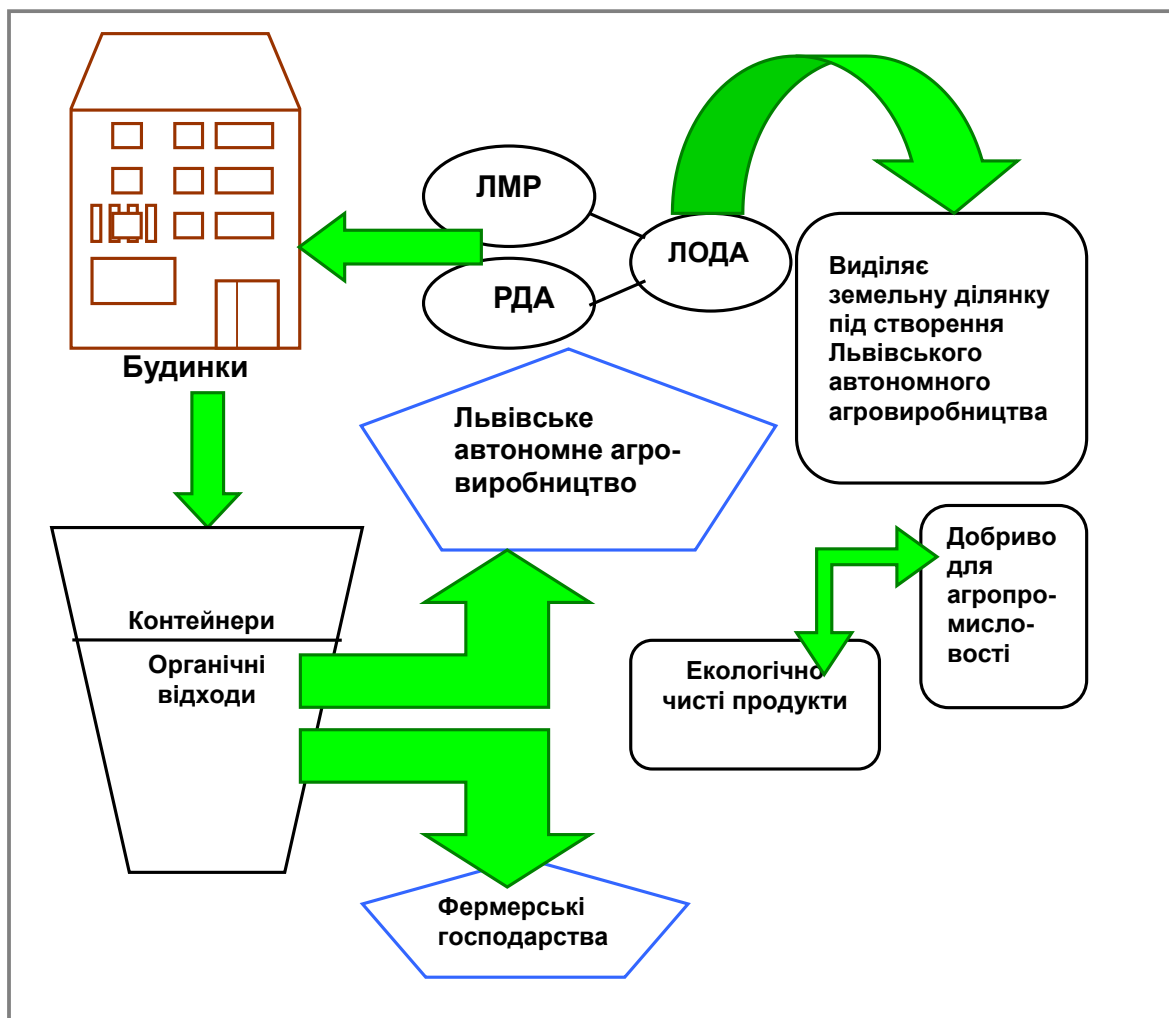


Рис. 5.5. Схема логістичного процесу управління органічними відходами для ЖК

Для реалізації схеми управління органічними відходами для ЖК, необхідно, щоб Львівська міська рада (ЛМР) через міські районні адміністрації (РДА) забезпечила будинки міста окремими контейнерами для збору органічних відходів. Водночас необхідно, щоб Львівська обласна державна адміністрація (ЛОДА), виділила земельну ділянку під створення Львівського автономного агро-виробництва.

Усі зібрані міські органічні відходи будуть постачатися на це агропідприємство, де з них будуть виробляти добриво для внесення їх у ґрунти на яких вирощуватимуть різну агрокультуру (агропродукти), яка згодом буде поступати на ринок як екологічно чистий продукт за низькою вартістю як для цього продукту.

Також у сегменті А, поряд з контейнерами для компосту, розміщують баки для відходів, які *спалюють*. Такі відходи повинні бути опаковані та поміщені в зелений контейнер. Відходи спалюватимуть з метою вироблення електричної або теплової енергії.

Сегмент Б призначено для сортування *опакувальних відходів*. Щоб відправити такі відходи на перероблення, їх необхідно очистити від залишків їжі, бруду та висушити і у разі потреби (залежно від виду ОМ) зім'яти або спресувати. Збір скляних упаковок (пляшки та банки зі скла), здійснюють за такими відтінками: прозорі, зелені та бурштинові. Склянку можна переробляти в нові упаковки нескінченно багато разів. Виготовлення нового скла з вторинного зменшує споживання енергії на 40 %. Під час виробництва 1 тонни скла зі склобою зменшується використання піску на 600 кг, вапняку на 170 кг, кальцинованої соди на 190 кг та польового шпату на 70 кг.

Сортують такі відходи металів: алюмінієву фольгу; алюмінієві форми; олов'яні та алюмінієві банки; жерстяні банки та кришки; порожні аерозольні балончики тощо. При переробленні металу економлять велику кількість енергії. Метал можна переробляти нескінченно багато разів без погіршення його якості. Неодмінному сортуванню підлягають упаковки з комбінованих та багат шарових матеріалів, які останнім часом набули широкого використання (рис. 5.6), зокрема, Tetra Pak, Pure Pak, ELM (Ecolean Material) тощо.

Також варто окремо збирати паперові склянки з кави, чаю чи інших напоїв, оскільки, до їх складу входить клей, який не дозволяє їх переробляти, бо клейку речовину не можна видалити під час перетворення паперу на волокнисту масу.

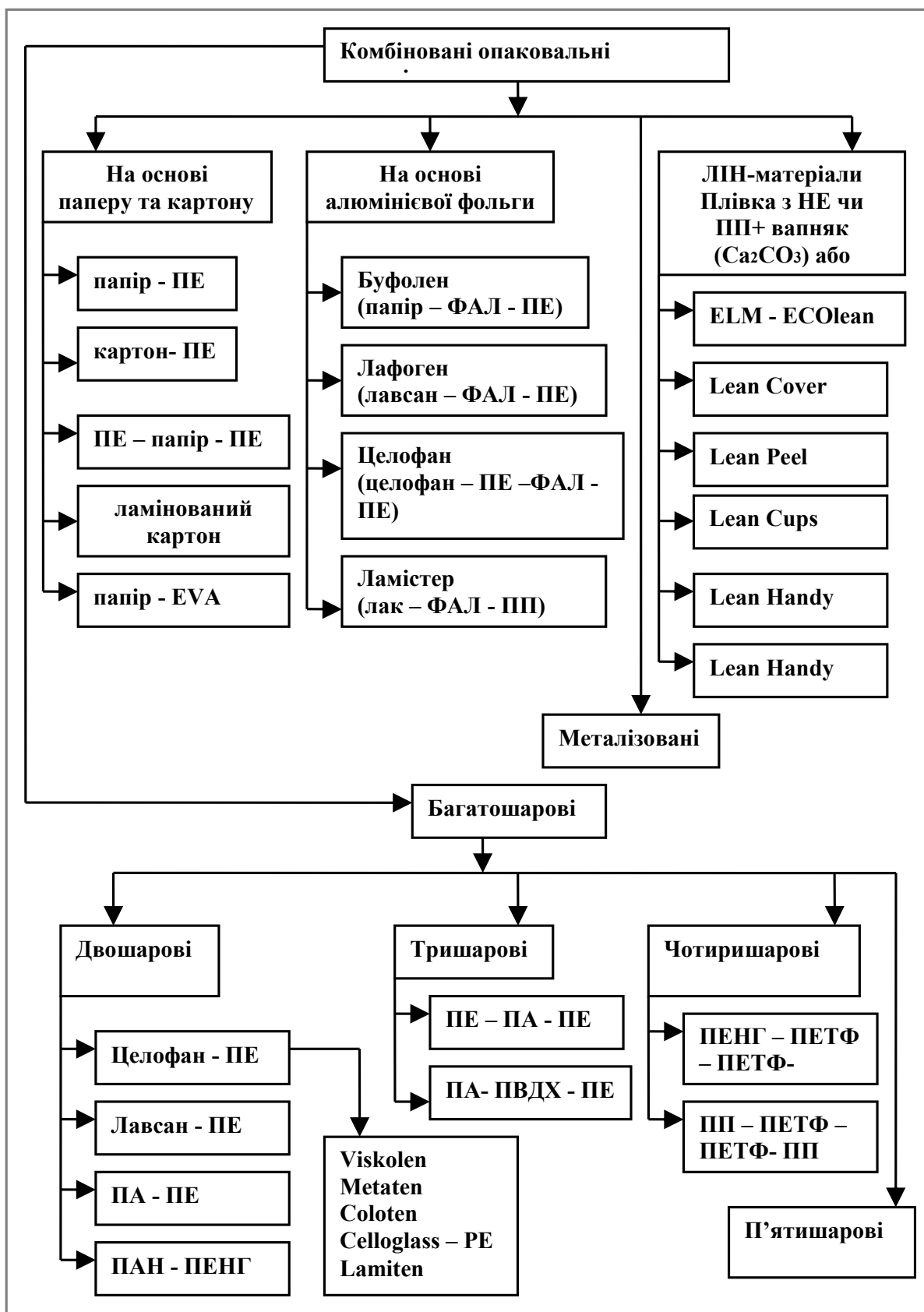


Рис. 5.6. Комбіновані опаквальні матеріали

Цей папір також вкритий пластиковим або восковим шаром, який дає змогу утримувати гарячу рідину у склянці, але саме він не дає змогу переробляти паперові волокна.

Ламінований папір теж треба сортувати окремо від інших вище наведених упаковок. Такий тип комбінованого матеріалу містить папір та поліетилен. Він використовується, як термозварювальні упаковки для спецій, пряностей, приправ, сухих концентратів а також медикаментів (таблетки, одноразові шприци, пластирі, медичні рукавички та ін.). Загортання від цукерок, також складають певну частку комбінованого матеріалу, тому їх також слід окремо збирати.

У сегменті упаковальних відходів розміщують контейнери для сортування різних типів пластику (за маркуванням). На полімерному упакованні завжди міститься позначка про те, з якого саме *типу пластику* воно виготовлено.

Пластикові упаковки поділяють на 7 видів пластмас, для кожного з них існує свій цифровий символ, який виробники наносять з метою інформування *про тип матеріалу*, можливості його перероблення і для спрощення процедури сортування.

Сортують такі предмети з пластику: целофан; жорсткі пластикові упаковки – полімерні пляшки, контейнери, банки; пінопласт; пластикові кришки; м'які пластикові упаковки; пластмасові горщики з-під вазонків (без ґрунту). У ці контейнери, не можна викидати упаковки, які містять небезпечні відходи – фарбу або олію, а також брудні упаковки, іграшки тощо. Також у цьому сегменті, поряд з контейнерами вище перелічених упаковальних відходів, розміщують ще один контейнер для упаковальних відходів з пінопласту, а саме пінопластових тарілок.

У сегменті В необхідно розсортувати макулатуру. Сортують також папір / картон: картон різного типу без поліетиленової плівки на поверхні (картонні ящики та пакувальні коробки); паперові пакети та пакувальний папір (чисті); коробки з паперу, наприклад із сипучих продуктів [190]. У контейнері не

можна залишати папір чи картон, наповнені харчовими відходами або фарбою, або папером, який покритий пластиком або клеєм.

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 плануються збирати, сортувати та зберігати до моменту визначення їхнього перероблення.

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 (рис. 5.7).

У багатьох країнах світу, зокрема Швеції, Австралії, Японії та ін. вже запроваджено ефективну практику щодо використання мешканцями посібника із сортування побутових відходів, який надає усю корисну інформацію про роздільний збір різних типів відходів та їх утилізацію. У Великобританії розробили сміттєві урни, система яких має здатність автоматично визначити, які відходи підлягають переробленню, а які йтимуть на утилізацію [52].



Рис. 5.7. Приміщення з контейнерами для сортування відходів

Варто також створити систему для покращення інформаційного забезпечення про правильне сортування типів відходів. Система має містити спеціальний електронно-інформаційний термінал [52]. Однак з метою зручності та поширеності, такої системи, варто також окремо встановити у будь-яких платіжних терміналах, таку ж функцію підказки, яку й надасть термінал про правильне сортування типів відходів. Ще одним методом отримання такої інформації та який додатково надасть можливість здійснювати контроль, може служити створений у майбутньому, новий додаток до смартфона та планшета. Також варто впровадити новітні інформаційні технології управління ПВ [191].

5. 3. Оцінювання рівня екологічної безпеки регіону

Зараз відсутній комплексний метод, який би дав змогу оцінити рівень негативного впливу звалища ПВ на екосистеми і на здоров'я людини.

За оглядом літератури з управління екологічною безпекою звалищ ПВ [192, 193], встановлено, що нині відсутні принципи побудови системи управління екологічною безпекою звалищ. Тому оцінювання та прогнозування рівнів екологічної небезпеки звалищ ПВ варто реалізовувати із застосуванням як методів індексного оцінювання екологічної небезпеки, так і експертних методів, що надасть змогу класифікувати місця складування ПВ з урахуванням комплексності їх впливу на компоненти довкілля.

У праці [192] для встановлення рівня екологічних загроз, що можуть виникати внаслідок впливів полігонів ПВ, розроблено методику встановлення екологічної ситуації для регіону України. Оцінювання здійснювали за 100 бальною шкалою, що включає в себе вагові коефіцієнти, встановлені експертним оцінюванням: загальна площа полігонів – 40 балів; обсяги захоронення ПВ – 20 балів; перевантаження полігонів ПВ – 15 балів; полігони, які не відповідають нормам безпеки – 15 балів; полігони, які потребують рекультивациі – 10 балів. Екологічну ситуацію у регіоні за рівнем

небезпечності, залежно від цих характеристик, доцільно згрупувати так: I група – екологічна ситуація дуже небезпечна – ваговий коефіцієнт – 60-100 балів; II група – небезпечна – 21-59 балів і III група – задовільна – 0–20 балів.

Встановлено, що найнебезпечніша екологічна ситуація характерна для Львівської, Дніпропетровської та Одеської областей – загроза досягає рівня 66 – 79 балів із 100 можливих.

Також нині використовують методи оцінювання екологічної безпеки на основі індексних показників [193]. Їх перевагами є використання безрозмірних індексних оцінок, а це значно спрощує використання таких методів і зменшує складність обчислень.

Основою методології індексного оцінювання рівня екологічної безпеки звалищ ПВ є визначення показників екологічної безпеки і встановлення їх рівнів. Розрахунок цих показників дає змогу оцінювати не тільки рівень впливів звалищ ПВ на навколишнє середовище, але і враховувати ймовірність виникнення негативних наслідків від того чи іншого виду таких впливів [193]. Індекс екологічної безпеки визначають за виразом:

$$I = \max (I_1 \cdot I_i \cdot \dots \cdot I_n), \quad (5.1)$$

де I_i – індекс екологічної безпеки однієї зі складових доквілля (атмосферне повітря, поверхневі води, ґрунт); $I_i = 1 - e^{0,25 \cdot \text{КП} - 1}$ – для атмосферного повітря, де КП – кратність перевищення нормативного забруднення ($\text{КП}_{\max} = 0$, $\text{КП}_{\min} = 8$); $I_i = 1 - e^{0,33 \cdot I^{\text{Еmax}} - 1,33}$ – для поверхневих вод, де $I^{\text{Е}}$ – інтегральний екологічний індекс ($I^{\text{Еmax}} = 1$, $I^{\text{Еmin}} = 7$); $I_i = 1 - e^{0,016 \cdot Z_c - 1}$ – для ґрунту, де Z_c – сумарний показник забруднення ґрунтів ($Z_{c\max} = 0$, $Z_{c\min} = 128$). Отримані таким чином індекси дозволяють прийняти рішення про можливість функціонування звалища або необхідності внесення змін [193].

Але метод індексного оцінювання, даючи змогу встановити рівень екологічного ризику звалища підчас штатного режиму роботи, не передбачає оцінювання екологічного ризику підчас виникнення аварії, зокрема, пожежі внаслідок самозаймання, тобто унеможливорює контроль за рівнем екологічної безпеки підчас аварійної ситуації.

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 довілля – атмосферного повітря, поверхневих вод, ґрунту), економічних та соціальних показників.

Рівень екологічної безпеки регіону E_w можна описати функціоналом

$$E_w = F (M_w, K_w, K_o, K_r, M_{wn}; E; P), \quad (5.2)$$

де: M_w – маса утворення ПВ; K_w – кількість утворених сміттєзвалищ та полігонів; K_o – питома кількість маси ПВ на душу населення; K_r – обсяг відходів, що переробляється; M_{wn} – обсяг небезпечних відходів в обсязі ПВ.

Максимальний рівень екологічної безпеки регіону E_{wmax} можна отримати тільки за виконання таких умов:

$$M_w \rightarrow \min; K_w \rightarrow \min; K_o \rightarrow \min; K_r \rightarrow \max; \Sigma W \rightarrow \min; M_{wn} \rightarrow \min, E \rightarrow \min. \quad (5.3)$$

Тут $E \rightarrow \min$ та $P \rightarrow \text{opt}$, відповідно, – кошти на управління відходами; P – соціальний показник якості життя.

Встановлено такі рівні екологічної безпеки регіону E_w : дуже низький – $0 \leq E_w < 0,2$; низький – $0,2 \leq E_w < 0,5$; середній – $0,5 \leq E_w < 0,7$; високий – $0,7 \leq E_w < 0,9$; дуже високий – $E_w \geq 0,9$.

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.

5.4. Інформаційна система управління побутовими відходами

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

Нині в Україні однією з найважливіших і найактуальніших проблем забруднення довкілля є неконтрольоване накопичення промислових та побутових відходів, їх захоронення на полігонах.

Інтеграцію систем управління відходами у розвинених країнах давно налагоджено. Для сталого розвитку України необхідно впроваджувати інтегровані системи управління відходами.

У праці [194] запропоновано формування підходів до моніторингу побутовими відходами. Моніторинг відходів повинен стати засобом з реалізації екологічної політики країни, де одним з пріоритетних завдань є управління відходами.

Моніторинг управління побутовими відходами у населених пунктах України має здійснюватися на державному, регіональному та місцевому рівнях.

На державному рівні до методів моніторингу входять:

- аналіз результатів виконання Державної програми поводження з побутовими відходами, визначення та оновлення цілей та завдань держави у сфері поводження з побутовими відходами, а також розроблення законопроектів та нормативних вимог;

- здійснення оцінки та визначення пріоритетності проектів у сфері поводження з твердими побутовими відходами, фінансування яких може бути здійснене з державного бюджету;

- дослідження можливості внесення змін до законодавства України щодо створення економічних, правових та соціальних умов для впровадження роздільного збирання твердих побутових відходів;

- дослідження відповідності законодавства України у сфері поводження з побутовими відходами відповідному європейському законодавству.

На регіональному рівні до методів моніторингу входять:

- визначення можливостей співробітництва регіонів у сфері поводження з твердими побутовими відходами, в тому числі створення міжрегіональних

об'єктів поводження з побутовими відходами, зокрема, підприємств сортування та перероблення окремих компонентів твердих побутових відходів;

– вивчення впливу об'єктів поводження з побутовими відходами на навколишнє природне середовище, особливо – полігонів побутових відходів, розміщених на земельних територіях областей та обласних центрів, які приймають побутові відходи.

На місцевому рівні до методів моніторингу входять:

– визначення обсягів утворення побутових відходів (твердих, великогабаритних, ремонтних, рідких);

– визначення морфологічного складу твердих побутових відходів та здійснення оцінки й визначення організаційних заходів із впровадження роздільного збирання окремих компонентів твердих побутових відходів;

– дослідження обсягів побутових відходів, що утворюються у населеному пункті, які можуть бути перероблені або утилізовані, визначення рівня зменшення надходження побутових відходів на захоронення та відповідного коригування терміну експлуатації полігонів твердих побутових відходів;

– визначення обсягів фінансування з місцевого бюджету впровадження роздільного збирання та інших технологій перероблення та утилізації побутових відходів;

– аналіз шляхів та стимулів для залучення приватного бізнесу (вітчизняного та закордонного) до впровадження роздільного збирання окремих компонентів твердих побутових відходів, зокрема, для придбання контейнерів, проектування, будівництва та експлуатації підприємств із перероблення вторинної сировини, вилученої з твердих побутових відходів.

Найважливішими завданнями системи моніторингу є:

– кількісне та якісне оцінювання відходів від їх утворення до використання та знешкодження (у тому числі складування);

– інформування про загрози відходів для середовища;

– верифікація ефективності управління відходами.

Моніторинг відходами організовано на інших засадах, ніж моніторинг стану середовища, наприклад повітря чи води, з погляду на те, що відходи не тільки забруднюють середовище, але існує також можливість їх використання.

Тому в рамках моніторингу потрібно слідкувати за утворенням і переміщенням відходів, але одночасно й контролювати вплив звалищ відходів на стан забруднення середовища. Завдяки цьому він може бути підставою для прийняття рішень для: раціонального використання відходів; знешкодження відходів, які не можна використати в господарці; безпечного складування відходів.

Умовою досягнення основної мети моніторингу відходами, яким є участь у формуванні та реалізації його політики, є створення інформаційної бази.

Моніторинг звалища має такі етапи:

- етап передексплуатаційний – період до дня отримання дозволу на використання звалища відходів;
- етап експлуатації – період від дня отримання дозволу на використання звалища до дня отримання згоди на закриття звалища відходів;
- етап післяексплуатаційний – період 30 років, від дня отримання рішення про закриття звалища.

Визначено мінімальну частоту визначень параметрів поверхневих, стічних та підземних вод і звалищного газу на вказаних етапах звалища відходів:

- на передексплуатаційному етапі – одноразово значення припливу поверхневих вод та їх склад, а також рівень та склад підземних вод;
- на етапі експлуатації – щомісячно обсяг стічних вод, а також викидів та склад звалищного газу; що 3 місяці – обсяг припливу та рівень підземних вод та їх склад та склад стічних вод;
- на етапі післяексплуатаційному – що 6 місяців – обсяг припливу поверхневих вод та їх склад, рівень підземних вод та їх склад, а також склад стічних вод.

На рис. 5.8 показано загальну схему інтегрованої системи управління побутовими відходами.

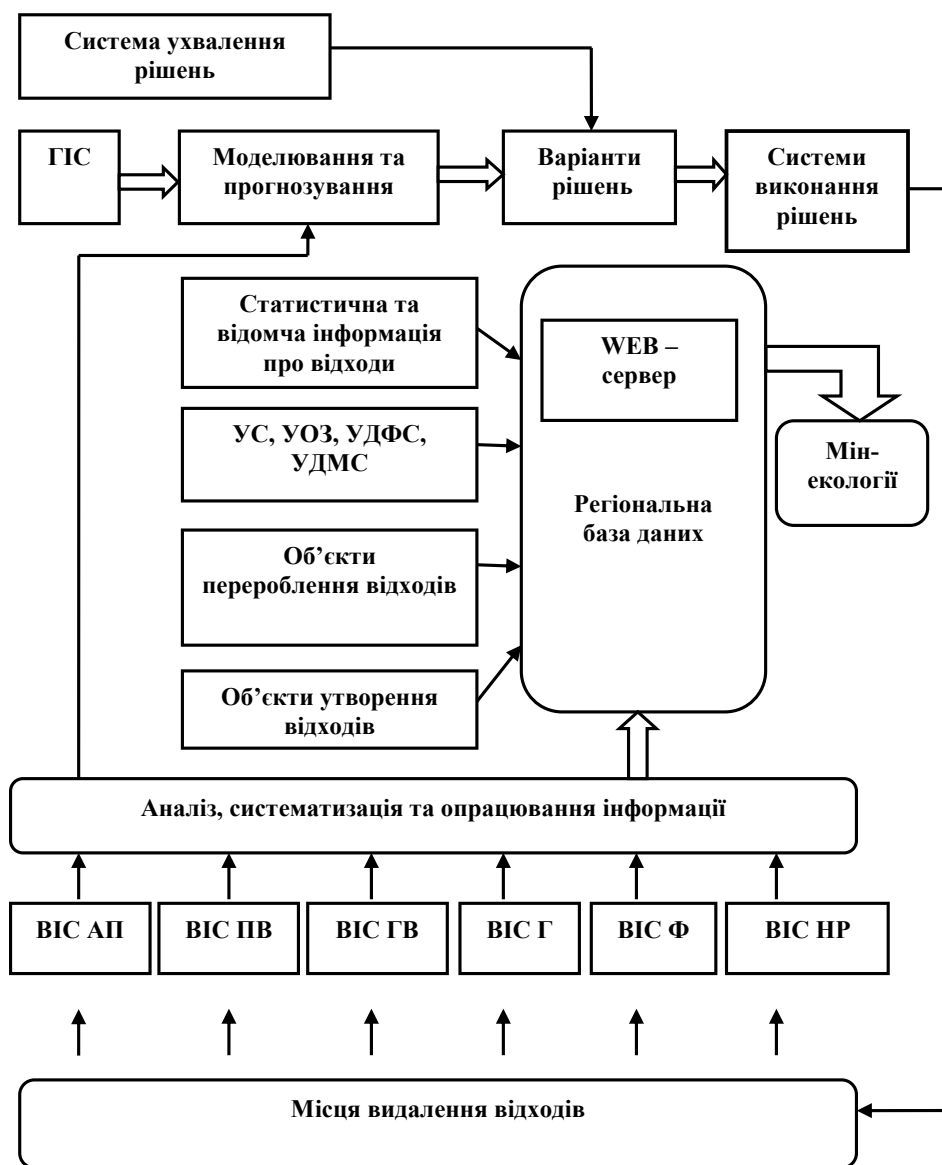


Рис. 5.8. Загальна схема інтегрованої системи управління побутовими відходами

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.

Структурну схему вимірювально-інформаційної системи для моніторингу поверхневих вод показано на рис. 5.9. Позначення на рис. 5.9: МВІП – модуль вимірювання інтегральних параметрів, МВСП – модуль вимірювання селективних параметрів, МВГП – модуль вимірювання гідрофізичних параметрів, ПК – персональний комп'ютер, БК – блок керування, БЖ – блок живлення.

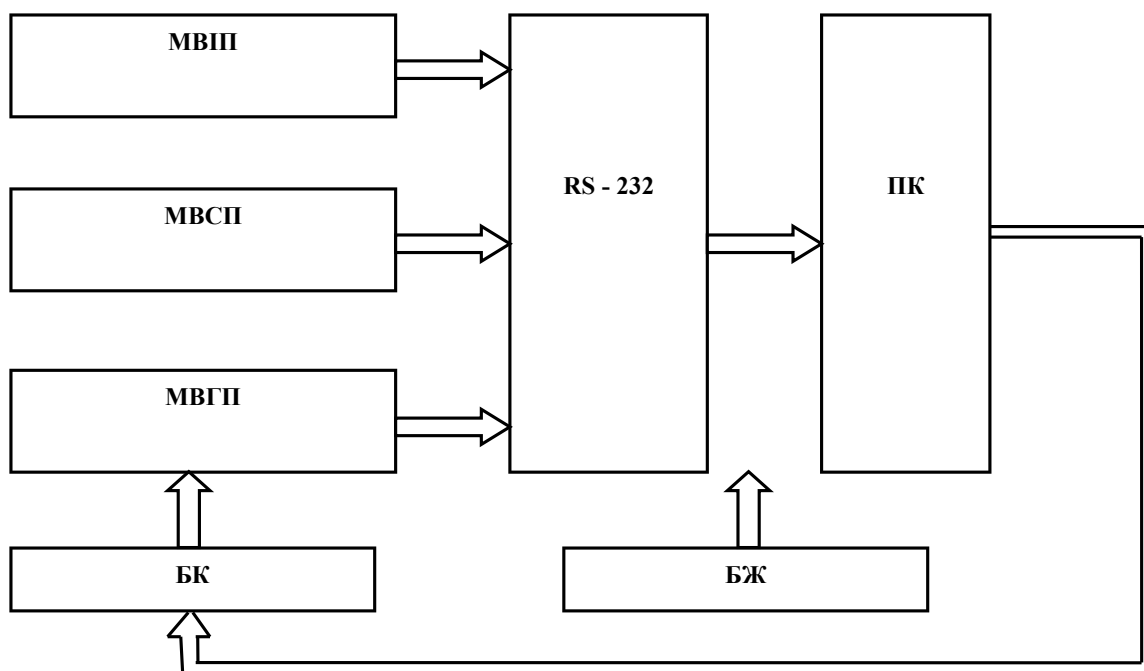


Рис. 5.9. Структурна схема вимірювально-інформаційної системи для моніторингу поверхневих вод

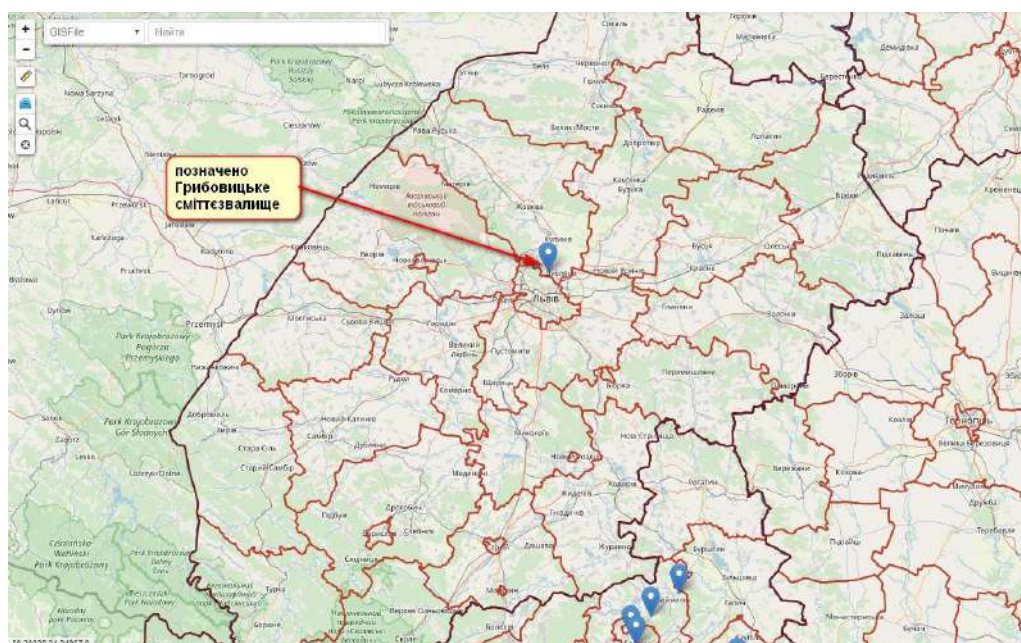
МВІП містить такі вимірювальні канали: загальної концентрації C_{Σ} домішок у воді $BK C_{\Sigma}$, питомої електропровідності $BK \sigma$, температури $T BKT$, водневого показника рН $BKpH$, нелінійний акустичний параметра $\gamma BK\gamma$, окисно-відновного потенціалу $Eh BKEh$, показника світло пропускання $\alpha BK\alpha$. *МВСП* містить вимірювальні канали: нітратів $BKNO_3$, хлоридів $BKCl$, амонію $BK NH_4$, сульфатів $BKSO_4$, кисню BKO_2 , заліза $BKFe$, свинцю $BK Pb$. *МВГП* містить вимірювальні канали: компонентів течії $v_x, v_y, v_z - BKv_x, BKv_y, BKv_z$, швидкості звуку $c BKC$, вихрового компонента швидкості потоку $rotv BKrotv$, глибини $H BKH$. Кожний з вимірювальних каналів містить сенсор C , вторинний вимірювальний перетворювач $ВВП$ та аналого-цифровий перетворювач $АЦП$.

Отримані дані надходять через інтерфейс у банк даних і систему прийняття рішення на основі персонального комп'ютера ПК.

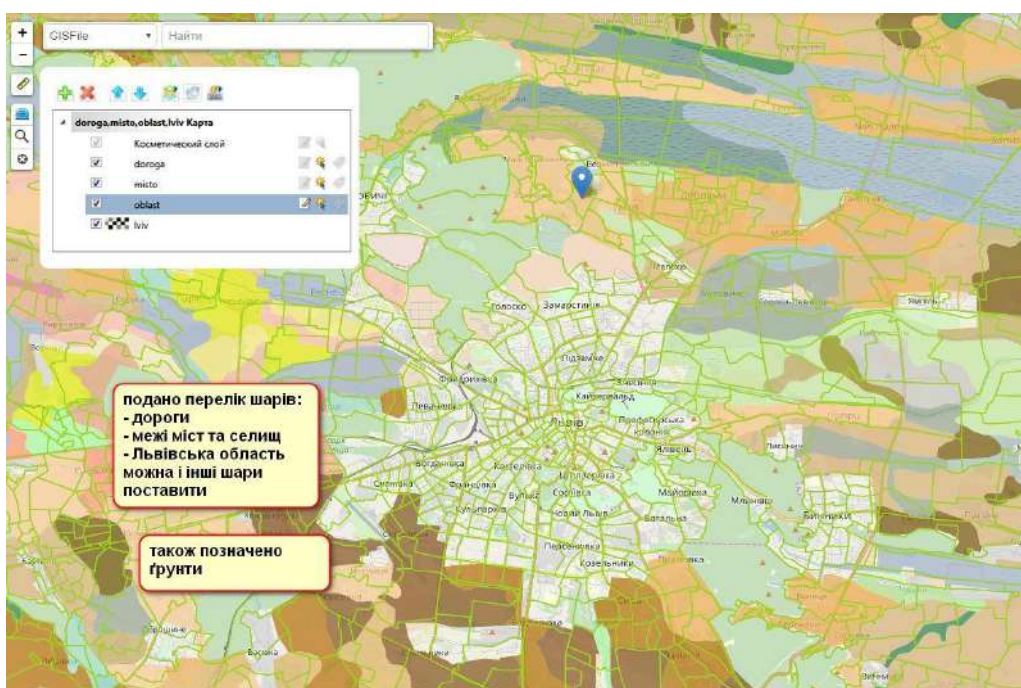
Ілюстрацією аналізу даних в інформаційній системі є набір створених карт, які організовано на основі шарів. Карти України (рис. 5.10), карти Львівщини (рис. 5.11), карти Грибовицького полігону (рис. 5.12), цифрова карта Грибовицького полігону з пунктами відбору проб (а), цифрова карта Грибовицького полігону з діаграмами розподілу коефіцієнта забруднення (рис. 5.13).



Рис. 5.10. Карта ґрунтів і сміттєзвалищ України



а)



б)

Рис. 5.11. Карти Львівської області (а), карта Львівської області і ґрунти (б)



(a)

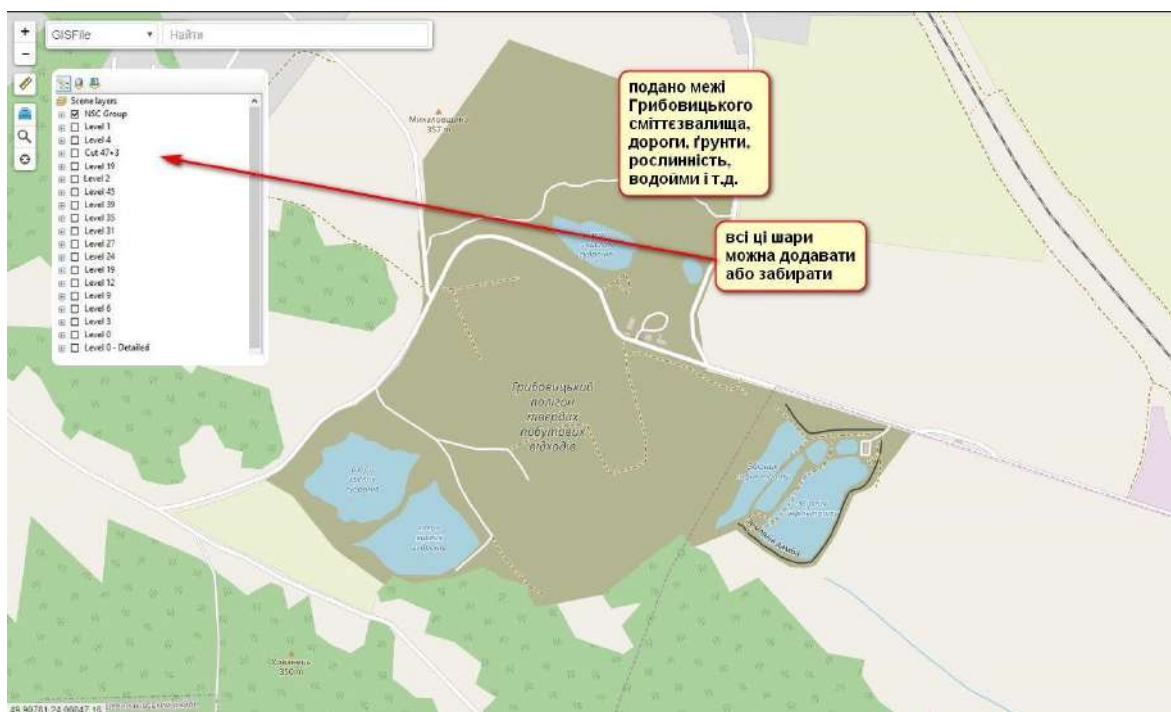
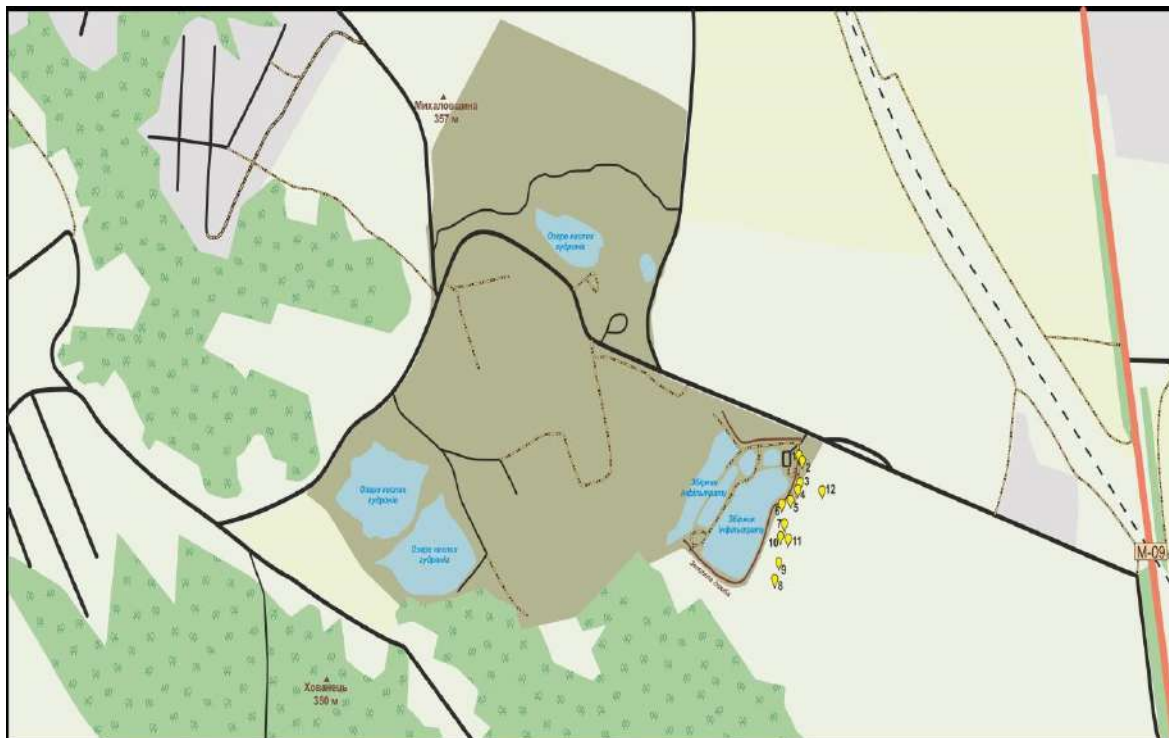
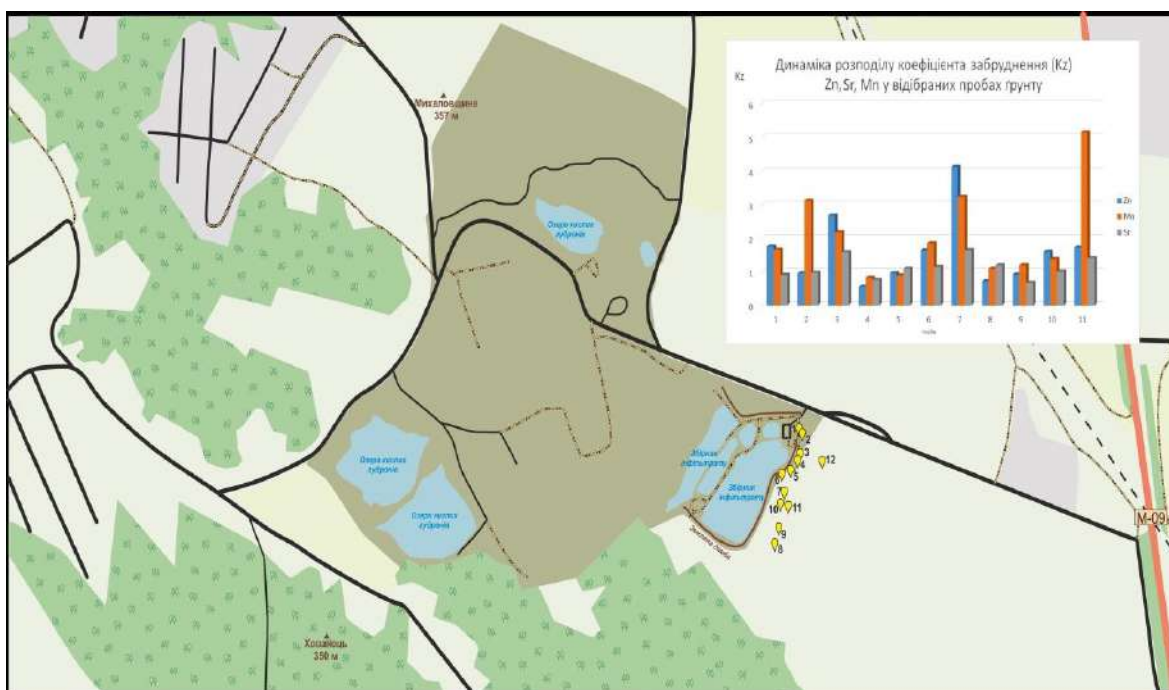


Рис. 5.12. Космічний знімок Грибовицького полігону (а); цифрова карта Грибовицького полігону (дороги, рослинність, ґрунти) (б)



а)



б)

Рис. 5.13. Цифрові карти Грибовицького полігону з пунктами відбору проб (а), цифрова карта Грибовицького полігону з діаграмами розподілу коефіцієнта забруднення (б)

5.5. Метод вимірювання концентрації речовини

Одним з елементів моніторингу відходів є визначення концентрації водного середовища.

Метод визначення параметрів матеріалів та ультразвукового контролю матеріалів шляхом вимірювання часу поширення ультразвуку описано в [195]. Але цей метод не враховує вплив температури на швидкість ультразвуку в контрольованих речовинах.

Інший метод ультразвукового контролю хімічного складу навколишнього середовища, який полягає в тому, що визначають хімічний склад середовища вимірюванням часу поширення ультразвуку від акустичного випромінювача через середовище з контрольованим хімічним складом до акустичного приймача та порівнюють час поширення ультразвуку в контрольованому та еталонному середовищах [196]. Однак цей метод має недостатню точність, оскільки він дає змогу визначати хімічний склад середовища порівнянням його з одним еталонним.

Створено метод вимірювання концентрації речовин, в якому введення нових операцій та зв'язків дає змогу підвищити точність перетворення та кількісно оцінити концентрацію речовини [197]. Авторами поставлено завдання створити метод вимірювання концентрації речовин, в якому введення нових операцій та зв'язків дає змогу підвищити точність перетворення та кількісно оцінити концентрацію речовини.

Це поставлене завдання досягається тим, що в способі вимірювання концентрації речовин, який полягає у випромінюванні та прийманні імпульсного ультразвукового сигналу в контрольованій та першій еталонній речовині, додатково вводять n еталонних речовин, причому концентрації еталонних речовин вибирають рівномірно в діапазоні вимірювання концентрацій, випромінюванні та прийманні імпульсного ультразвукового сигналу в n еталонних речовинах, вимірюванні різниці часів поширення ультразвукових сигналів в контрольованій та еталонних речовинах протягом m

тактів вимірювання, а концентрацію C домішок в речовині визначають за формулою [197]

$$C = \frac{1}{m\alpha} \sum_{i=1}^{i=n} \lg \left[\frac{(T_k - T_{i+1})10^{-\alpha C_i} + (T_i - T_k)10^{-\alpha C_{i+1}}}{(T_i - T_{i+1})} \right], \quad (5.4)$$

де α – нахил градувальної характеристики, $\text{дм}^3/\text{Мг}$; m – кількість тактів вимірювання; n – кількість еталонних речовин; T_k , T_i , T_{i+1} – часи поширення ультразвукових сигналів у досліджуваній, i -ій та $i+1$ -ій еталонній речовині; C_i , C_{i+1} – концентрації еталонних речовин.

Запропонований спосіб дає змогу визначати концентрації речовин у діапазоні від C_1 до C_n і має високу точність, оскільки, наприклад, для рідин порівняно легко приготувати і атестувати з високим ступенем точності (за ГОСТ 14870-77) однорідні та однотипні розчини з відомими концентраціями (вбудовані стандартні зразки підприємства за ГОСТ 8.315-78), а також зменшити систематичну та повільно змінну похибки вимірювання. Також використання n еталонних речовин та m тактів вимірювання дає змогу суттєво підвищити точність визначення концентрації речовин.

На рис. 5.14 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; а на рис. 5.15 – часові діаграми роботи, де: а) – зондувальний сигнал; б) – перший прийнятий сигнал; в) – i -ий прийнятий сигнал; д) $(i+1)$ -ий прийнятий сигнал.

Сутність запропонованого методу полягає в наступному.

Ультразвукові імпульсні сигнали заданої амплітуди і частоти випромінюють у напрямку до ультразвукових приймачів одночасно в каналі 3.1 з контрольованою речовиною і у двох еталонних каналах 3.2 і 3.3 з еталонними речовинами C_i та C_{i+1} (рис. 5.15а). Ці сигнали поширюють в контрольованій та двох еталонних речовинах і надходять на ультразвукові приймачі, через часи T_i , T_{i+1} і T_k (фіг. 5.15, б, в, д). Визначають різниці часових параметрів $(T_k - T_{i+1})$, $(T_i - T_k)$, $(T_i - T_{i+1})$ протягом m тактів вимірювання, використовуючи по чергово пари еталонних речовин від C_1 до C_n , а концентрацію C речовин у контрольованій речовині після m тактів вимірювання визначають за формулою (5.3).

При лінійній залежності вихідного часового інтервалу від інтенсивності I ультразвукового сигналу, що поширився через контрольоване середовище, маємо

$$T_k = a_0 + a_1 I_k, \quad (5.5)$$

де a_0 і a_1 – коефіцієнти реальної функції перетворення, а при проходженні ультразвукового сигналу через i -ту та $(i+1)$ -у речовини, які заповнено еталонними речовинами з концентраціями C_i і C_{i+1} , відповідно отримаємо

$$T_i = a_0 + a_1 I_i, \quad (5.6)$$

$$T_{i+1} = a_0 + a_1 I_{i+1}. \quad (5.7)$$

Коефіцієнти a_0 і a_1 змінюються у часі при впливі зовнішніх збурень на електричні та акустичні елементи схеми, що особливо виявляється при ультразвукових вимірюваннях, але за короткий період вимірювану концентрацію C_k і коефіцієнти функцій перетворення можна вважати постійними.

При збереженні лінійного закону поширення ультразвукових хвиль в однакових з акустичної точки зору речовинах

$$\begin{aligned} I_k &= I_0 10^{-\alpha C_k}; \quad I_1 = I_0 10^{-\alpha C_1}; \quad I_2 = I_0 10^{-\alpha C_2}; \\ I/I_0 &= 10^{-\alpha C_k}; \quad I_1/I_0 = 10^{-\alpha C_1}; \quad I_2/I_0 = 10^{-\alpha C_2}; \end{aligned} \quad (5.8)$$

де I_0, I_i, I_{i+1}, I_k – інтенсивність випромінювання на входах і виходах каналів, α – нахил градувальної характеристики.

З врахуванням (5.4) – (5.6) залежність (5.3) набуде вигляду

$$T_k = (T_{i+1}10^{-\alpha C_1} - T_i10^{-\alpha C_2}) / (10^{-\alpha C_1} - 10^{-\alpha C_2}) + [(T_i - T_{i+1}) / (10^{-\alpha C_1} - 10^{-\alpha C_2})] 10^{-\alpha C_k}, \quad (5.9)$$

звідки визначають загальну концентрацію речовин у контрольованій речовині після m тактів вимірювання за виразом (5.4).

Пристрій для вимірювання концентрації речовин у середовищі реалізовано у вигляді багатоканального пристрою, в одному каналі якого знаходиться контрольована речовина, а в інших – еталонні речовини, причому концентрації еталонних речовин вибирають рівномірно в діапазоні вимірювання концентрацій $C_1 - C_n$ (рис. 5.14).

Пристрій працює так. Імпульси з частотою відліків f_0 від мікроконтролера 20 запускають генератор зондування 6. Електричний імпульс зондування одночасно надходить через багатоканальний коммутатор 1 на блок 2 ультразвукових випромінювачів, які перетворюють його в ультразвукові імпульси. Ці імпульси поширюються в контрольованій 3.1 та двох еталонних речовинах 3.2 і 3.3 – на базі L (рис. 5.15) і надходять через багатоканальний коммутатор 4 на блок 5 ультразвукових приймачів, які перетворюють їх в електричні імпульсні сигнали, які, відповідно, надходять на підсилювачі 7, 8 і 9 та детектори 10, 11, 12, далі надходять на входи блоків 13, 14, 15 вимірювання різниці часів поширення звуку в речовинах, на виході яких формують часові інтервали $(T_k - T_{i+1})$, $(T_i - T_k)$, $(T_i - T_{i+1})$, тривалості яких визначають лічильниками імпульсів 17, 18, 19, куди надходять імпульси еталонної частоти f_0 з генератора 16. Ці дані заносять у мікроконтролер 20.

Комутатор 4 дає змогу під'єднувати до блоків 3 ультразвукових випромінювачів та приймачів 5 по чергово пари еталонних речовин. Мікроконтролер 20 визначає загальну концентрацію речовин у контрольованій речовині після m тактів вимірювання за виразом (5.4).

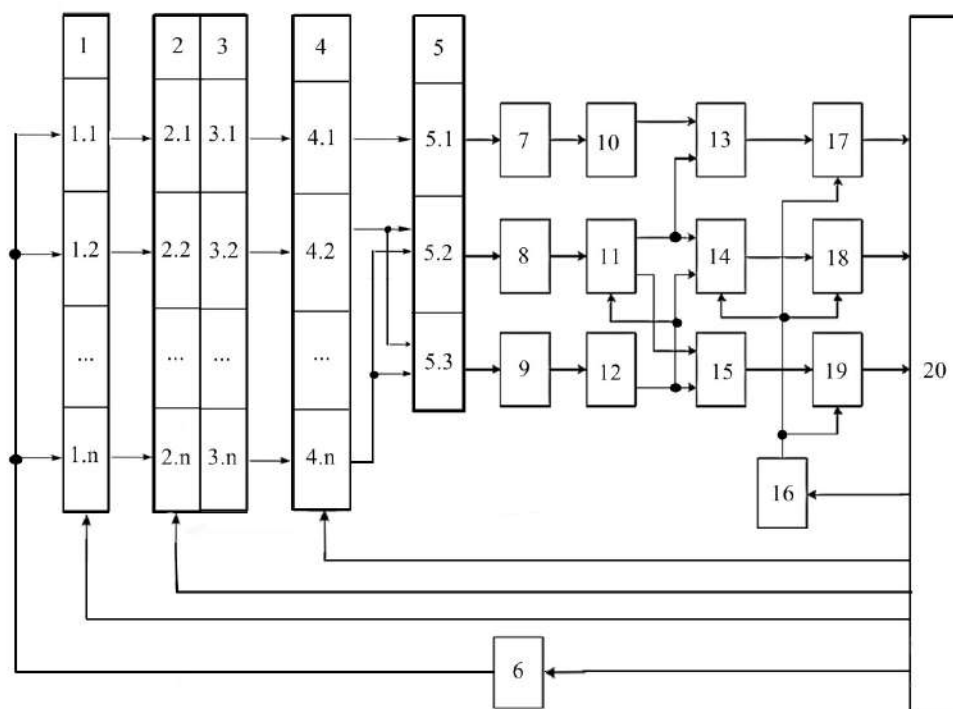


Рис. 5.14. Структурна схема пристрою для вимірювання концентрації речовин

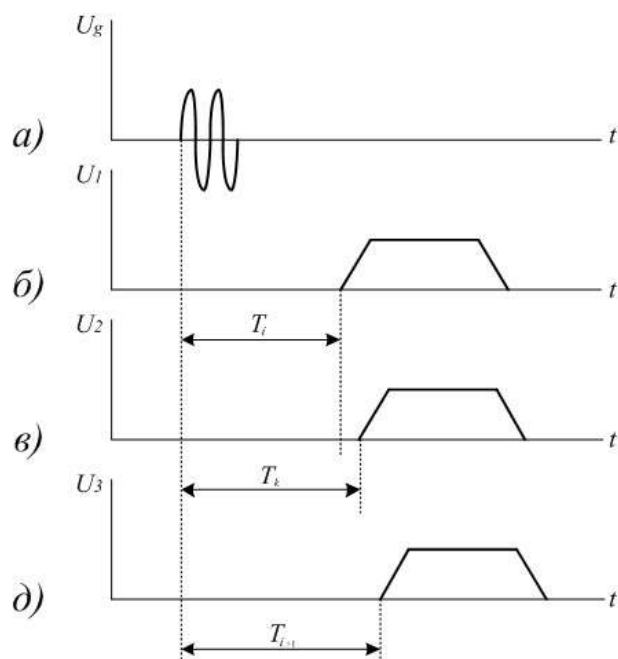


Рис. 5.15. Часові діаграми роботи пристрою

Метод характеризується високою точністю внаслідок того, що для рідин порівняно легко приготувати і атестувати з високим ступенем точності (за

ГОСТ 14870-77) однорідні та однотипні розчини рідин з відомими концентраціями (вбудовані стандартні зразки підприємства за ГОСТ 8.315-78), а це дає змогу зменшити систематичну та повільнозмінну похибки вимірювання. Також використання n еталонних речовин та m тактів вимірювання дає змогу суттєво підвищити точність визначення концентрації.

5.6. Висновки до розділу 5

1. Розроблено підходи до організації інтегрованої системи ефективного управління побутовими відходами у регіоні, які є необхідною складовою для сталого розвитку держави в цілому.

2. Проаналізовано тенденції сортування побутових відходів в Україні та встановлено причини невдалого запровадження системи роздільного збору ПВ в Україні. Для впровадження ефективної системи сортування ПВ запропоновано новий підхід для організації сортування побутових відходів на локальному рівні та визначено етапи логістичного процесу управління ПВ для житлових комплексів.

3. 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.

4. 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.

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. Розроблено класифікацію опаковальних відходів за джерелами утворення, призначенням, типом матеріалу, розмірами тощо. Вона є ефективним інформаційним засобом для сортування, перероблення та утилізації ПВ. Запроновано поділ завдань та відповідальність учасників “товарно-виробничого ланцюга” щодо колообігу опакувальних 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 поліютантів: Цинк – 0,56–4,12, Манган – 0,83–5,15, Стронцій – 0,68–1,65. Отримані результати дали змогу обґрунтовано вибрати 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 рівня. Запропонована структура системи дає змогу значно підвищити рівень екологічної безпеки регіону.

8. Результати роботи впроваджено у Державній екологічній інспекції Львівської області, Департаменті 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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шаніна Т.П. Управління та поведження з відходами: Підручник / Т.П. Шаніна, О.Р. Губанова, М.О. Клименко, Т.А. Сафранов, В.Ю. Коріневська, О.О. Бедункова, А.І. Волков: Одеса, 2012. – 270 с.
2. Про визнання таким, що втратив чинність, наказу Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України від 21.03.2000 № 54 [Електронний ресурс] / Режим доступу: URL : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0023-09>
3. ЗУ “Про відходи” [Електронний ресурс] / Режим доступу: URL : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80> – Загол. з екрану.
4. Нестерпна легкість сміття: як Рада вирішила проблему відходів в Україні однією поправкою [Електронний ресурс] / Режим доступу: URL : https://24tv.ua/nesterpna_legkist_smittyu_yak_rada_virishila_problemu_vidhodiv_v_ukrayini_odniyeu_porpravkoju_n851429
5. Гуменюк Г.Д., Войтюк Г.В. Поведження з відходами: Вимоги Європейського союзу і законодавства України / Г.Д. Гуменюк // Науково–технічний журнал “Стандартизація, сертифікація, якість”. № 3 (94). 2015. Харків. С. 26–29.
6. Сокіран М.В. Класифікація відходів: порівняльний аналіз / М.В. Сокіран // “Порівняльно–аналітичне право”. Електронне наукове фахове видання юридичного факультету ДВНЗ “Ужгородський національний університет” № 2. 2018. – С. 270–272.
7. Жуковський Т.Ф. Впровадження в Україні європейського підходу до класифікації відходів / Т.Ф. Жуковський, О.В. Ткачова, О.Л. Пшенічнова, В.Г. Карцев, М.М. Котелевець, О.І. Соколова // Технологический аудит и резервы производства. – 2016. – № 4(3). – С. 27–32.
8. Науково–дослідна робота: Дослідження впливу полігонів ТПВ на навколишнє середовище [Електронний ресурс]. Режим доступу:

https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/25370/1/poligony_TPV_Kalashnyk.pdf

9. Державний класифікатор України. Класифікатор відходів ДК 005–96 [Електронний ресурс] / Режим доступу: URL : <http://www.uazakon.com/big/text78/pg1.htm>

10. Плаксіна А.О. Вплив полігонів тпв на навколишнє середовище / А.О. Плаксіна, В.В. Березуцький // Безпека людини в сучасних умовах : матер. доп. 7–ї Міжнар. наук.–метод. конф. та 105 Міжнар. конф. Європейської асоціації безпеки (EAS), 3–4 грудня 2015 р. – Харків : НТУ “ХПІ”, 2015. – С. 246–251.

11. Slack R.J., Gronow J.R., Hall D.H., Household hazardous waste disposal to landfill: Using LandSim to model leachate migration / R.J. Slack, J.R. Gronow, D.H. Hall // *Sci. Total Environ.*, Voulvoulis, N. 2007. – P. 501–509.

12. Volodymyr Pohrebennyk, Olena Mitryasova, Iryna Podolchak, Roman Politylo, Anna Kochanek. Wastewater treatment in Lviv solid waste landfill / 16th International Multidisciplinary scientific GEOCONFERENCES & EXPO SGE M 2016. Conferences Proceeding, Vienna, Book 3, Water Resources, Forest, Marine and Ocean Ecosystems, Volume 3, P.: 121–129. ISBN 978–619–7105–81–0 ISSN 1314–2704 DOI 10.5593/sgem2016HB33 Volume 3, P. 365–373. (Scopus, Web of Sciences).

13. Кашковський В.І., Кухар В.П. Способи знешкодження високотоксичних стоків звалищ твердих побутових відходів // Наука та інновації. – 2005. – Т. 1, № 6. – С. 107–116.

14. Кашковский В.И., Войновский В.В. Сточные воды свалок твердых бытовых отходов: проблемы и решения / В.И. Кашковский, В.В. Войновский // III Международная конференция “Сотрудничество для решения проблемы отходов”. Харьков, 7–8 февраля 2006 г. – С. 151–153.

15. Vaccini P., Henseler G., Figi R., Belevi H. Water and element balances of municipal solid waste landfills / P. Vaccini, G. Henseler, R. Figi, H. Belevi // *Waste Management and Research*, 5, 4. – 1987. – P. 483–499.

16. Beketov A.Y., Bekrenevm B.A., Viktorovskii I.V. and all. On the leachate treatment problem polygons for the disposal of municipal solid waste / A.Y. Beketov, B.A. Bekrenevm, I.V. Viktorovskii // Environmental chemistry, 7, 4. – 1988. – P. 217–228.

17. Знешкодження та утилізація відходів в агросфері: навч. посібник / В.К. Пузік, Р.В. Рожков, Т.А. Долгова та ін. – Х: ХНАУ, 2014. – 220 с.

18. Радовенчик В.М. Тверді відходи: збір, переробка, складування: [навч. посіб.] / В.М. Радовенчик, М.Д. Гомеля. – К.: Кондор, 2010. – 552 с.

19. Туркадзе Ц.Д., Камкамидзе Н.Р., Богверадзе М.З. Изучение интенсивности процессов самоочищения грунтовых вод в районе городской свалки хозяйственно–бытового мусора / Ц.Д. Туркадзе, Н.Р. Камкамидзе, М.З. Богверадзе // Экол. системы и приборы. – 2006. – № 5. – С. 13–14.

20. Зальцберг Э. Мониторинг качества подземных вод в целях предотвращения аварийных ситуаций в районах свалок (на примере Канады) / Э. Зальцберг // Вод. ресурсы. – 2009. – Т.24, N 5. – С. 630–633.

21. Yakovenko M.B., Hvozdevych O.V., KulchHyska–Zhygaylo L.Z. Butin O.Z., Voytsykhovska A.S. (2007). Lviv sanitary waste landfill filtrates: impact and neutralization / M.B.Yakovenko, O.V.Hvozdevych, L.Z. KulchHyska–Zhygaylo, O.Z. Butin, A.S. Voytsykhovska // Natural Water Resources of the Carpathian region (problems of protection and rational use), May 29–30, 2007, Lviv. P. 169–174.

22. Шевченко О.А. Еколого–гігієнічна оцінка ступеня небезпеки території муніципальних звалищ та заходи щодо їх оздоровлення / О.А. Шевченко, Е.А. Деркачов // Проблеми збору, переробки та утилізації відходів: зб. наук. ст. IV Міжнар. наук.–практ. конф. – Одеса, 2002. – С. 224–227.

23. Buchynska A., Gvozdevych O., Podolskyu M., Stefanyk Y. Activities of polish–ukrainian centre “CENCON” for realization of environmental problems of lviv s sanitary landfill / A. Buchynska, O. Gvozdevych, M. Podolskyu, Y. Stefanyk // Natural Water Resources of the Carpathian region (problems of protection and rational use), May 29–30. – 2008, Lviv. – P. 199–203.

24. Рибак С. Стан та ступінь деградації природних комплексів під впливом існування Львівського міського сміттєзвалища та еколого–економічна оцінка наслідків його діяльності на перспективу / С. Рибак, О. Томашівський // Проблеми та перспективи розвитку Української науки на початку третього тисячоліття: зб. наук. праць III Всеукраїнської науково–практичної Інтернет – конференції. Переяслав – Хмельницький, 14–16 грудня 2011 р. – С. 9 – 12.

25. Pohrebennyk V., Podolchak I. The efficiency of wastewater treatment L'landfill / V. Pohrebennyk, I. Podolchak // International scientific conference “New Trends in Ecological and Biological Research”, September 9th – 11th, 2015, University of Prešov in Prešov, Slovak Republic. – Prešov, 2015. – P.103.

26. Батищев В.В., Кияшкин В.И., Довгань С.А. О составе вод фильтрата на полигонах твердых бытовых отходов / В.В. Батищев, В.И. Кияшкин, С.А. Довгань // Материалы 2–го Международного Конгресса по управлению отходами. 2001 г. – С. 139.

27. Rebecca J. Slack, Jan R. Gronow, David H. Hall, Nikolaos Voulvoulis, Household hazardous waste disposal to landfill: Using LandSim to model leachate migration / J. Rebecca, R. Slack Jan Gronow, David H. Hall, Nikolaos Voulvoulis // Sci. Total Environ. 2007. – P. 501–509.

28. Gronow J.R., Slack R.J., Voulvoulis N. Household hazardous waste in municipal landfills: contaminants in leachate. Sci. Total Environ. 2005, 337, 119–137.

29. Aizhong Ding, Zonghu Zhang, Jiamo Fu and Lirong Cheng, Biological control of leachate from municipal landfills / Aizhong Ding, Zonghu Zhang, Jiamo Fu and Lirong Cheng //Chemosphere, 2001, V. 44, Issue 1 – P. 1–8.

30. Грибанова Л.П., Афонин А.П. Геоэкологические исследования на Саларьевском полигоне твердых бытовых и промышленных отходов / Л.П. Грибанова, А.П. Афонин // Экол. и пром–ть России. – 1997. – Июнь. – С. 8–10.

31. Грибанова Л.П., Гудкова В.Н. Организация и ведение экологического мониторинга на полигонах твердых бытовых и промышленных отходов в

Московском регионе / Л.П. Грибанова, В.Н. Гудкова // Науч. и техн. аспекты охраны окруж. среды / ВИНТИ. – М., 1999. – № 3. – С. 60–64.

32. Грибанова Л.П., Портнова Т.Г. Контроль подземных и поверхностных вод в районах полигонов твердых бытовых отходов Московского региона / Л.П. Грибанова, Т.Г. Портнова // Экол. вестн. Подмосковья. – 1993. – № 4. – С. 27–29.

33. Вайсман Я.И., Петров В.Ю., Середа Т.Г. Факторы, влияющие на объем образующегося фильтрата полигонов захоронения (депонирования) твердых бытовых отходов / Я.И. Вайсман, В.Ю. Петров, Т.Г. Середа // Пробл. охраны окруж. Среды на урбанизир. территориях: Матер. междунар. конф. студ. и мол. ученых, Пермь, 1996. – Пермь, 1996. – С. 26–38.

34. Омеляненко Т. Напрями вдосконалення екологічної політики у сфері поводження з відходами в Україні на основі відповідного досвіду Європейського Союзу / Т. Омеляненко, Ю. Маковецька // Економіка природокористування і охорони довкілля. – 2015. – С. 35–43. – Режим доступу: URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/epod_2015_2015_6

35. Сілонова Н.Б. Основні інструменти правового регулювання системи управління відходами / Н.Б. Сілонова. // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2014. – № 7. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2014_7_11.

36. Управління відходами та ресурсами: короткий опис Директив ЄС та графіку їх реалізації [Електронний ресурс] / Режим доступу: URL : http://www.if.gov.ua/files/uploads/Waste_brochure.pdf

37. Уткіна К.Б. Впровадження комплексного управління відходами в Україні: Сучасний стан та перспективи / К.Б. Уткіна // Екологічна безпека. – 2013. – Вип. 2. – С. 23–27.

38. Зуєв В.А. Принцип розширеної відповідальності виробника та перспективи його впровадження в національне законодавство про відходи / В.А. Зуєв // Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. – 2014. – Вип. 9–2(2). – С. 43–45

39. Кузнецова Е.В. Европейская система регулирования операций по управлению отходами / Е.В. Кузнецова // Культура народов Причерноморья. — 2013. — № 260. — С. 250–253.

40. Погрибний І.Я. До питання системного поводження з твердими побутовими відходами / І.Я. Погрибний. // Ефективна економіка. — 2013. — № 1. — Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2013_1_8.

41. Зарічанська Є.В. Історичні етапи формування політики поводження з промисловими відходами // Вісник національного університету водного господарства та природокористування: зб. наук. пр. Серія “Економічні науки”. — Випуск 1 (57). — Рівне: НУВГП. — 2012 р. — С. 129–140.

42. Гончаров О.О. Досвід законодавчого забезпечення політики європейського співтовариства у сфері поводження з відходами / О.О. Гончаров // Вісник Національного університету “Юридична академія України імені Ярослава Мудрого”. Сер.: Економічна теорія та право. — 2014. — № 1. — С. 188–197.

43. Лоєва І.Д. До проблеми імплементації політики ЄС у сфері поводження з відходами в Україні / І.Д. Лоєва, М.О. Караман // Вісник Одеського державного екологічного університету. — 2014. — Вип.18. — С. 43–47.

44. Нова політика управління відходами можлива зі зміною ментальності, — Геннадій Зубко [Електронний ресурс] / Режим доступу: URL : <https://www.kmu.gov.ua/ua/news/nova-politika-upravlinnya-vidhodami-mozhliva-zi-zminoyu-mentalnosti-gennadij-zubko>

45. Стратегія управління відходами у Львівській області до 2030 року [Електронний ресурс] / Режим доступу: URL : [http://gw1.oblrada.lviv.ua/rada/rishennialor.nsf/52889c345440ab40c2257b55007e8f51/7ccf6ba2bc2c5a79c225820300531eb7/\\$FILE/580_dod.pdf](http://gw1.oblrada.lviv.ua/rada/rishennialor.nsf/52889c345440ab40c2257b55007e8f51/7ccf6ba2bc2c5a79c225820300531eb7/$FILE/580_dod.pdf)

46. КМУ Розпорядження Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року [Електронний ресурс] / Режим доступу: URL : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80>

47. Міхно І.С. Методи утилізації відходів. Світовий досвід / І.С. Міхно // Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики. – 2015. – № 2. – С. 68–78. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efmapnp_2015_2_11
48. Avfall Sverige. Swedish Waste Management, 2018. – 33 p.
49. Avfall Sverige. Swedish Waste Management, 2015. – 31 p.
50. Как устроен раздельный сбор мусора в Швеции [Електронний ресурс] / Режим доступу: URL : <https://recyclemag.ru/article/kak-ustroen-razdelnyiy-sbor-musora-v-shvecii>
51. Душечкіна Н.Ю. Світовий досвід сортування та переробки відходів / Н.Ю. Душечкіна // Проблеми та перспективи формування Стратегії поводження з небезпечними відходами в Україні: зб. матер. Національного форуму “Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології”. К.: Центр екологічної освіти та інформації. 2016. – С. 71–73.
52. Подольчак І.І., Погребенник В.Д. Проблеми безпечного та ефективного поводження з твердими побутовими відходами / І.І. Подольчак / Міжнародна наукова конференція молодих вчених “Сучасний стан та якість навколишнього середовища окремих регіонів”, Одеса, 1–3 червня 2016 р. – С. 191–195.
53. Міхно І.С. Методи фінансування утилізації відходів. Світовий досвід / І.С. Міхно // Вісник Східноєвропейського університету економіки і менеджменту. Серія : Економіка і менеджмент. – 2015. – № 1. – С. 33–46.
54. Waste & Recycling in Bern [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.helloswitzerland.ch/-/waste-recycling-in-bern/>
55. Northern Ireland Assembly. Research and Information Service Suzie Cave. Recycling in Germany / Publisher: Northern Ireland Assembly Series / Report no.: Research and Information Service Briefing Paper; NIAR 485–16. Gov’t Doc № 11/17. – 2017. – 18 p.
56. Christian Fischer, Copenhagen Resource Institut. European Environment Agency (EEA). Municipal waste management in Germany. 2013. P. 18.

57. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), Waste Management in Germany 2018 Facts, data, diagrams. – 2018. – P. 44.

58. Переработка мусора (ТБО) в Германии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ztbo.ru/o-tbo/stati/stranni/pererabotka-musora-tbo-v-germanii>

59. Приварникова І.Ю. Переробка та використання відходів як шлях до ресурсозбереження / І.Ю. Приварникова, Ю.І. Литвиненко // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. – 2013. – № 4(1). – С. 260–266.

60. Сортивання в Німеччині [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.youtube.com/watch?v=mbsPwlJDRsg>

61. Дубов Г., Круговорот отходов: практика Германии. Экология предприятия, 6 . – 2015. – С. 42–50.

62. Уткіна К.Б. Стан і перспективи поводження з відходами в рамках розроблення стратегії розвитку харківської області до 2020 року / К.Б. Уткіна, В.А. Пересадько, А.Н. Некос, Н.В. Попович // Український географічний журнал. – 2015. – № 4. – С. 58-63.

63. Козаченко Т. Ефективність сортування твердих побутових відходів та упаковки / Т. Козаченко // Экология предприятия. – 2014. – № 7. – С. 46–54.

64. Для чого Швеція скуповує сміття? Світовий досвід боротьби зі звалищами [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/2039097-dla-cogo-svecia-skupovue-smitta-svitovij-dosvid-borotbi-zi-zvalisami.html>

65. Іщенко В.А. Використання Україною міжнародного досвіду реалізації програм поводження з твердими побутовими відходами // III-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2011), 21–24 вересня, 2011. Збірник наукових статей. Том 1. Вінниця: ВНТУ. – 2011. – С. 99–102.

66. Іщенко В.А., Турчик П.М. Аналіз шляхів використання світового досвіду поводження із твердими побутовими відходами в Україні // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012. – № 2. – С. 25–30.

67. Переработка мусора в Японии [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.youtube.com/watch?v=D5303dLiZjo>

68. Хрущ Н.А., Желіховська М.В. Закономірності утворення та вирішення проблем переробки твердих побутових відходів в Україні / М.В. Желіховська // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. – 2014. – № 4. – Т. 2. – С. 203–206.

69. Архіпова Г.І., Галушка Ю.О. Досвід утилізації твердих побутових відходів провідних країн світу / Г.І. Архіпова // Вісник НАУ. 2009. № 2. – С. 97–99.

70. Навроцький Р.Л. Досвід країн Європейського союзу в сфері безпечного поводження з твердими побутовими відходами [Електронний ресурс] / Р.Л. Навроцький // Економіка та суспільство: Електронне наукове фахове видання. – 2016. – № 7. – Режим доступу : <http://www.economyandsociety.in.ua/eng/journal-7/14-stati-7/593-navrotskij-r-l>

71. Подольчак І.І. Класифікація упакувань – складова частина інтегрованої системи управління твердими побутовими відходами. // І.І. Подольчак, В.Д. Погребенник // Збірник наукових праць VI-го всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – С. 74.

72. Гуштан Т.А. Проблеми утилізації відходів пакування (світовий та вітчизняний досвід) / Т.А. Гуштан // Журнал “ΛΟΓΟΣ”. 2016. – С. 96–101.

73. Подольчак І.І., Погребенник В.Д. Використання світового досвіду утилізації опаківальних відходів в Україні / І.І. Подольчак / Міжнародний науковий симпозіум “Сталий розвиток – стан та перспективи”, Львів–Славське, 28 лютого–3 березня 2018 р. – С.134–137.

74. Сірик Т.А. Відходи упаковки та їхня утилізація / Сірик Т.А. // Упаковка. 2011. – № 4. – С. 60–61.

75. Як позбутися відходів упаковки? Чому прийняти нормативи ЄС недостатньо [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.euointegration.com.ua/experts/2016/04/27/7048074/>

76. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: publications.chamber.ua/2017/F_B/Strategy.doc

77. Кривошей В.М. Якого кольору буває економіка? (у вимірах пакувальної індустрії) / В.М. Кривошей // Упаковка. – 2014. – № 5. – С. 14–20.

78. Михалків А.А. Нормативно–правове регулювання утилізації тари / А.А. Михалків // Проблеми теорії та методології бухгалтерського обліку, контролю і аналізу. – 2012. – № 2 (23). – С. 189–192.

79. Міщенко В.С. Шляхи підвищення потенціалу використання вторинних ресурсів / В.С. Міщенко, Ю.М. Маковецька // Продуктивні сили України. – 2009. № 1. – С. 29–43.

80. Household waste management. The European experiences / V.G. Petruk, F. Stalder, V.A. Ishchenko, I.V. Vasylykivskiy, R.V. Petruk, P.M. Turchyk, S.M. Kvaternyuk, M.I. Shyrnin, V.V. Volovodiuk. – Vinnytsia: “Nilan–Ltd.”, 2016. – 184 p.

81. Кірносова В.М. Вимоги екологічного маркетингу до упаковки товару. / В.М. Кірносова // Вісник ХНУ – 2011. – № 6, Т. 4. С. 57–60.

82. Биоразлагаемая упаковка с ТДРА добавками [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.manfol.ru/products/detail.php?ELEMENT_ID=65/

83. Управління відходами. Режим доступу: <https://menr.gov.ua/timeline/Vidhodi-ta-nebezpechni-rechovini.html>

84. Березюк О.В., Котляр Ю.О. Сучасний стан поводження з твердими побутовими відходами в Україні // Електронне наукове видання матеріалів XLVI регіональної науково–технічної конференції професорсько–викладацького складу, співробітників та студентів ВНТУ. – Режим

доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt/2017/paper/view/2537/2644>.

85. Бастригіна Т.М. Утворення відходів на території України та оцінка техногенного навантаження на природні ландшафти / Т.М. Бастригіна, В.Г. Губіна // Праці та повідомлення П'ятої міжнародної конференції “Хімічна і радіаційна безпека: проблеми і рішення”. – Київ, 24 – 26 травня 2017 р. – С. 50–53.

86. Чемерис М.М. Інформаційна система моніторингу поводження з твердими побутовими відходами / М.М. Чемерис, В.В. Отамась / Збірник наукових праць “Управління розвитком складних систем”. – Київ: КНУБА, 2014. – № 18.– С. 123–127.

87. 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.

88. Крупка Н.О. Проблема утворення, обробки та утилізації відходів у Львівській області / Н.О. Крупка, У.Б. Лотоцька–Дудик // Довкілля та здоров'я. – 2015. – № 1. – С. 62–67.

89. Статистичний збірник “Довкілля Львівської області” за 2017 рік. – С. 144.

90. Подольчак І.І. Розвиток інтегрованих систем поводження з відходами / І.І. Подольчак, В.Д. Погребенник // Матеріали X миколаївських міських екологічних читань “Збережемо для нащадків”, Миколаїв, 1–2 листопада 2017 р. – С. 81–83.

91. Vadivala M., Vagnani M. Integrated solid waste management based on 3R's [Text] / International journal of advanced research in engineering, science and management (UJARESM), 2015. – Pp. 1– 6.

92. Chowdhury A.H., Mohammad N., Haque R.U., Hossain T. Developing 3Rs (Reduce, Reuse And Recycle) Strategy for Waste Management in the Urban Areas of Bangladesh: Socioeconomic and Climate Adoption Mitigation Option [Text] /

Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR–JESTFT) Volume 8, Issue 5 Ver. I (May. 2014). – P. 09–18.

93. Abdul–Rahman F. Reduce, Reuse, Recycle: Alternatives for Waste Management / Guide G–314, 2014. – Pp.1–4.

94. Holt C. Reduce, Reuse, Recycle – The ‘three R’s’ of the waste management hierarchy and their impact on packaging [Text] / Nottingham Trent University, School of Architecture, Design and the Built Environment, United Kingdom, 2010. – Режим доступу: <https://pdfs.semanticscholar.org/7e6a/f2134192e81f3655caf7fae8c4827df4eaf0.pdf>.

95. Директива про поводження з відходами № 75/422/ЄС.

96. Директива про поводження з відходами № 2006/12/ЄС.

97. The 4 R Guide: Reduce, reuse, recycle, recover [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://group.skanska.com/globalassets/sustainability/environmental-responsibility/materials/skanska4rguide.pdf>

98. “Нуль відходів” для України – чи це можливо? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ecobereg.com.ua/null-vidhodiv.html>

99. Zero Waste, або Як генерувати менше сміття [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://m.day.kyiv.ua/uk/article/cuspilstvo/zero-waste-abo-yak-generuvaty-menshe-smittya>

100. У Британії розробили “розумну” систему сортування сміття [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://nv.ua/ukr/techno/gadgets/u-britaniji-rozrobili-rozumnu-sistemusortuvannja-smittja-1740717.html>

101. Управління відходами – Міністерство екології та природних ресурсів України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://menr.gov.ua/timeline/Vidhodi-ta-nebezpechni-rechovini.html>

102. Коновальчук С.А. Дидактична сутність інтегрованого процесу навчання професійної діяльності засобами іноземної мови [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.int-konf.org/uk/2015/suchasnij-sotsiokulturnij-prostir-2015-16-18-09-2015/1129-konovalchuk-s-a-didaktichna->

sutnist–integrovanogo–protsesu–navchannya–profesijnoji–diyalnosti–zasobami–
inozemnoji–movi

103. Інтегративний – інтеграційний – інтегрований – інтегрувальний [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://kulturamovy.univ.kiev.ua/KM/pdfs/Magazine70–15.pdf>

104. Scheinberg A. Closing the Circle: Bringing Integrated Sustainable Waste Management Home / A. Scheinberg // VNG International, 2008. – 89 p.

105. Артов А. М. Планування міжмуніципальної системи інтегрованого поводження з твердими побутовими відходами [методичний посібник] / А.М. Артов, В.Є. Сороковський; за заг. ред. В.Є. Сороковського; Швейцарсько–український проект “Підтримка децентралізації в Україні” DESPRO. – К., 2016. – 103 с.

106. Solid Waste Management in the World’s Cities. Forthcoming UN–HABITAT Report. – 2010. – 228 с.

107. Энергия из отходов / Материалы “круглого стола” “Перспективы получения тепловой и электрической энергии при утилизации ТБО в условиях мегаполиса” (23 сентября 2010 г.) // Под ред. Ю.И. Гладышева, Е.И. Чулкова и др. – Киев, 2011. – 84 с.

108. Інтегроване управління та поводження з твердими побутовими відходами у Вінницькій області. Монографія / Під ред. В.Г. Петрука. – Вінниця: УНІВЕРСУМ. – Вінниця, 2007. – 160 с.

109. Офіційний сайт ПП “ЗахідВторРесурси” [Режим доступу: <http://zvr.com.ua>].

110. Закон України “Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України” № 2818–VI від 21 грудня 2010 року / Відомості Верховної ради України (ВВР), 2011. – № 26. – С. 218.

111. Станкевич–Волосянчук О. І. Управління твердими побутовими відходами у Закарпатті – нинішня ситуація та перспективи / О. І. Станкевич–Волосянчук // Екологічний Вісник, Вип. № 5 (80): вересень–жовтень. – 2013. – С. 9–12.

112. Коніцула Т.Я. Інтегроване управління поводженням з твердими побутовими відходами / Т.Я. Коніцула, М.С. Довганик // Вісник НАУ, № 4. – 2012. – С. 104–106.

113. Павліха Н.В. Система інтегрованого управління відходами як складник соціально–економічного розвитку міста / Павліха Н.В., Дубинчук Л. І., Андросчук І.В. // Вісник ОНУ ім. І.І. Мечнікова. Вип. 10(52). – 2016. – С. 84–87.

114. Бондар І.Л., Полтораченко Л.І. Системи поводження з твердими побутовими відходами в українських містах, роль міського населення в роздільному збиранні сміття та рекомендації для органів місцевого самоврядування. Аналітичне дослідження, виконане в рамках Проекту ПРООН “Муніципальна програма врядування та сталого розвитку” / І.Л. Бондар, Л.І. Полтораченко // Київ: ПРООН/МПВСР, 2011. – 48 с.

115. Семененко І.С. Проблема поводження із побутовими відходами в Закарпатській області в сучасних умовах господарювання / І.С. Семененко, О.В Супруненко // Науковий вісник Ужгородського університету, Серія Економіка. Спецвипуск 33. Частина 4. – 2011. – С. 114–119.

116. Сафранов Т.А., Шаніна Т.П., Приходько В.Ю. Оптимизация системы управления и обращения с муниципальными отходами в контексте устойчивого развития урбанизированных территорий / Т.А. Сафранов, Т.П. Шаніна, В.Ю. Приходько // Международный журнал “Устойчивое развитие”. – Технический университет г. Варна, Болгария. – 2014. – Том 16. – С. 11–18.

117. Писаренко П.В. Мультифункціональне моделювання регіональної системи управління твердими відходами з урахуванням синергічного ефекту / П.В. Писаренко, М.С. Самойлік // – Вісник Полтавської державної аграрної академії. – № 1–2. – 2017. – С. 78–87.

118. Бабаєв В.М. Комплексна система управління у сфері поводження з твердими побутовими відходами / В.М. Бабаєв, В.В. Панов, Я.М. Хайло, М.П. Горох // Комунальне господарство міст, вип. 130. – 2017. – С. 1–9.

119. Stypka Tomasz. Modelowanie systemów gospodarki odpadami komunalnymi: monografia / Tomasz Stypka. – Kraków: Politechnika Krakowska. – 2014. – 183 p.

120. Gaska Krzysztof. Modelowanie zintegrowanych systemów gospodarki odpadami z wykorzystaniem metodologii zorientowanej obiektowo: monografia / Krzysztof Gaska. – Gliwice: wydawnictwo Politechniki Śląskiej. – 2012. – 185 s.

121. 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.

122. Marzena Ucherek. Opakowania a ochrona środowiska. Kraków: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie. – 2005. – 70 s.

123. Ustawa z dnia 18 grudnia 2003 r. o zmianie ustawy o opakowaniach i odpadach opakowaniowych. Dz. U, nr 11, poz. 97.

124. Директива 94/62/ЄС “Про упаковку та відходи упаковки».

125. Козак А. Упаковка: одноразова чи багаторазова // Харчова і переробна промисловість. – № 1. – 2000. – С. 31–32.

126. Сміттева революція: як відвернути екологічну катастрофу в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/columns/2017/07/3/626665/>, вільний. – Загол. з екрану.

127. Сірик Т.А. Скляна тара – один із перспективних видів багаторазової упаковки. / Т.А. Сірик // Вісник СумДУ. Серія Економіка. – 2011. – № 3. – С. 49–57.

128. Корецька С.І., Коробка А.В. Логістичні підходи щодо застосування сучасних пакувальних матеріалів. – XII всеукраїнська науково–практична інтернет–конференція “Сучасність. Наука. Час. Взаємодія та взаємовплив” – 2010, Ч.1. – С. 77–80.

129. Сірик Т.А. Аналіз факторів впливу пакувальних відходів на навколишнє середовище / Т.А. Сірик // Збірник наукових праць Міжнародної науково–практичної інтернет–конференції. – Суми: СумДУ, 2010, Ч.2. – С. 112–114.

130. 30 мільярдів тонн сміття. Україна посідає перше місце у світі за кількістю відходів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://econews.bei.org.ua/2016/09/30.html>

131. Калініна О.С. Естетичні показники якості пакування / О.С. Калініна, Р.І. Байцар // Scientific Journal “ScienceRise” 2016. – № 11(28) – С. 33–43.

132. Трофімов І.Л. Аналіз потенціалу твердих побутових відходів як сировини для виробництва альтернативних палив в Україні / І.Л. Трофімов, А.В. Яковлева, О.В. Іванченко, Л.С. Верягіна // Енергетика: економіка, технології, екологія : науковий журнал. – 2016. – № 2 (44). – С. 105–111.

133. Коваль І.І., Погребенник В.Д. Підходи до побудови інтегрованої системи управління твердими побутовими відходами: класифікація опаківальних відходів / І.І. Коваль, В.Д. Погребенник // 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.

134. Сафранов Т.А. Класифікація твердих муніципальних відходів – передумова формування ефективної системи поводження з їх потоками / Т.А. Сафранов, Т.П. Шаніна, О.Р. Губанова, В.Ю. Приходько / Вісник ОДЕКУ–2014. – Вип. 18 – С. 32–37.

135. Довга Т.М. Класифікація побутових відходів як передумова ефективності їх рециклінгу в Україні / Т.М. Довга / Економічний часопис–XXI. – 2011. – № 5–6. – С. 50–53.

136. Ніканоров С.О. Закордонний досвід формування будівель та споруд сміттєпереробних комплексів / С.О. Ніканоров / Архітектурний вісник КНУБА. – 2014. – Вип. 4 – С. 241–249.

137. Слабий В.Г. Скільки коштує утилізувати відходи упаковки? // В.Г. Слабий, В.М. Кривошей // Упаковка. – 2011. – № 6. – С. 49–52.
138. Денисенко Т.М. Дослідження сучасних технологій пробки пластикових виробів / Т.М. Денисенко // Вісник ЧДТУ – 2014. – № 1 (71). – С. 56–65.
139. Шаніна Т.П. Еколого-економічне обґрунтування вибору способу поводження з відходами пластичних мас / Т.П. Шаніна, І.Й. Сейфулліна, В.О. Кушнирєва // Вісник ОНУ. Хімія. – 2015. – № 2(54), Т. 20. – С. 49–60.
140. Артющенко А.Ю. Проблеми пакування товарів в Україні та шляхи вирішення проблем у цій сфері / А.Ю. Артющенко, О.П. Костенко // Вестник НТУ “ХПИ” – 2012. С. 160–165.
141. Іщенко В.А. Способи поводження з твердими побутовими відходами у містах України / В.А. Іщенко // Екологічна безпека та природокористування, № 2(18), 2015. – С. 21–30.
142. Подольчак І.І. Інтегрований метод управління відходами пакувальних матеріалів // І.І. Подольчак, В.Д. Погребенник // Збірник наукових праць Екогеофоруму 2017. Міжнародної науково–практичної конференції “Актуальні проблеми та інновації”, Івано–Франківськ, 22–25 березня 2017 р. – С. 71–73.
143. Міценко Н.Г. Логістика як інструмент інтеграції підприємств України до системи транскордонного співробітництва / Н.Г. Міценко, І.П. Міщук // Бюлетень Міжнародного Нобелівського економічного форуму, № 1(5). Том 2. –2012. – С. 234–242.
144. Кривошей В.М. Упаковка в нашому житті // Упаковка. – 2000. – № 6. – С. 7–9.
145. Шибанова А.М., Екологічний аудит ЛКП “Збиранка” / А.М. Шибанова, А.С. Войціховська, І.І. Подольчак // 3–ій Міжн. Конгрес “Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. Збірник матеріалів”, Львів, 17–19 вересня 2014 р. – С. 56

146. Подольчак І.І. Екологічна безпека Львівського полігону ПВ / І.І. Подольчак // IX Всеукраїнська науково–практична конференція молодих учених та студентів “Екологічна безпека держави”, Київ, 16 квітня 2015 р. – С. 128–129.

147. Pohrebennyk V., Podolchak I. The problems of ecological safety of the Lviv landfill / V. Pohrebennyk, I. Podolchak // International scientific conference “New Trends in Ecological and Biological Research”, September 9th – 11th, 2015, University of Prešov in Prešov, Slovak Republic. – Prešov, 2015. – P. 106.

148. Pohrebennyk V., Podolchak I. Impact of Lviv municipal solid waste landfill on water bodies / V. Pohrebennyk, I. Podolchak // WATER SECURITY: Monograph. – Mukolaiv: PMBSNU – Bristol: UWE, 2016. Editors: prof. Olena Mitryasova, prof. Chad Staddon. – P. 170–181.

149. Kalyuzhnyi S., Gladchenko M., Starostina E. et al. Integrated biological (anaerobic–aerobic) and physico–chemical treatment of baker’s yeast wastewater / S. Kalyuzhnyi, M. Gladchenko, E. Starostina et al. // Water Science & Technology, United Kingdom, 2005, Vol. 52, № 10–11, pp. 273–280.

150. Гайдін А. М. Хімічний склад фільтрату Львівського полігону твердих побутових відходів / А.М. Гайдін, В.О. Дяків, В.Д. Погребенник, А.В. Пашук // Природа Західного Полісся та прилеглих територій. – 2013. – № 10. – С. 43–49.

151. Подольчак І.І., Погребенник В.Д. Вплив Львівського полігону ТПВ на забруднення поверхневих вод регіону / І.І. Подольчак, В.Д. Погребенник // XIV Міжн.наук.практ. конф. “Ресурси природних вод Карпатського регіону. / Проблеми охорони та раціонального використання”. – 28–29 травня 2015 р., м. Львів. – Львів: ЛВДЦНП, 2015. – С. 177–181.

152. Акт Державної екологічної інспекції Львівської області від 02.10.2013 р.

153. Подольчак І.І., Погребенник В.Д. Вплив Львівського міського сміттєзвалища на стан якості підземних вод / І.І. Подольчак, В.Д. Погребенник // V всеукраїнський з’їзд екологів з міжнародною участю. Вінниця. 23–26

вересня 2015. – Вінниця, 2015. – С. 25.

154. Рідей Н.М. Охорона земель та стале землекористування: наук. – метод. посіб. Рідей Н.М., Тонха О.Л., Шофолов Д.Л. – Луганськ: ТОВ ПРОГТЕХСНАБ, 2009. – 250 с.

155. Aras S., Aydin S.S. Comparative Genotoxicity Analysis of Heavy Metal / S. Aras, S.S. Aydin // Contamination in Higher Plants. Ecotoxicology / Ed. by Dr. G. Begum. InTech, 2012: pp. 107–124.

156. Edwards C.A. The effects of contaminants on the structure and function of soil communities / C.A. Edwards // 11 Int. Collog. Soil Zool., Jyvaskyla, 10–14 Aug., 1992: Program and Abstr. –Jyvaskyla, 1992. –P. 136.

157. Подольчак І.І. Охорона земельних ресурсів ЛКП “Збиранка” / І.І. Подольчак, В.Д. Погребенник // “Екологічний стан і здоров’я жителів екосистем”. Горбуновські читання. Чернівці, 5–6 травня 2015 р. – С. 132–134.

158. Pohrebennyk V. Soil Elemental Composition in the Lviv Municipal Solid Waste Landfill Territory // V. Pohrebennyk, O. Mitryasova, N. Kurhaluk, I. Podolchak // Monografia. Globalizacja a regionalna ochrona środowiska. Gdańsk, 2016. P. 155–170.

159. Pohrebennyk V., Mitryasova O., Podolchak I. Determination of element composition of soil samples in the Lviv Landfill / V. Pohrebennyk, O. Mitryasova, I. Podolchak // International scientific conference “New Trends in Ecological and Biological Research”, September 9th – 11th, 2015, University of Prešov in Prešov, Slovak Republic. – Prešov, 2015. – P. 63.

160. Human Exposure Assessment. Environmental Health Criteria. 214: Geneva: WHO/IPCS, 2000: 235 p.

161. Голець Н.Ю. Дослідження властивостей профільтраційного екрана полігону твердих відходів: стаття / Н.Ю. Голець, М.С. Мальований, Ю.О. Малик // Вісник НАУ. 2009. №3. – С. 20-25.

162. Bilyk G., Kojnova I. Impact of the municipal waste dumps on the ecosystem of the Western Bug within Lviv region // Monografia pod redacia Jana Doilido i Bohdana Wieprzkowicza. Warszawa, WSEiZ. – 2010. – С. 93–101.

163. Булигін С.Ю. Оцінка і прогноз якості земель / С.Ю. Булигін, А.В. Барвінський, А.О. Ачасова. – Х.: ХНАУ, 2006. – 262 с.
164. Meagher R.B. Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants / R.B. Meagher // *Curr. Opin. Plant Biol.* – 2000. – Vol. 3. – P. 153–162.
165. Ukpong, E. C. and Agunwamba, J.C. Effect of Open Dumps on Some Engineering and Chemical Properties of Soil / E. C. Ukpong, and J.C. Agunwamba // *Continental Journal Engineering Sciences* 6 (2), 2011. – Pp. 45 – 55.
166. Francisca F.M. and Glatstein D.A. Long term hydraulic conductivity of compacted soils permeated with landfill leachate / F.M. Francisca and D. A. Glatstein // *Journal Applied Clay Science*, Vol. 49, 2010, pp. 187–193.
167. Петришина В.А. Агроекологічне обґрунтування фітореMediaційної спроможності дикорослих видів рослин: дис. ... канд. с.–г. наук: 03.00.16 / Віталіна Анатоліївна Петришина. – К., 2009. – 143 с.
168. Малиш Н. Важкі метали у ґрунтах: стаття / Н. Малиш // *Вісник НАУ.* – 2009. – С. 67–71.
169. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Київ, 2005. – 5 с.
170. Подольчак І.І., Погребенник В.Д. Забруднення атмосферного повітря Львівським полігоном ТПВ / І.І. Подольчак, В.Д. Погребенник // II Міжнародна науково–практична конференція “Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи”, Львів, 28–30 травня 2015 р. – С. 212.
171. Подольчак І.І., Погребенник В.Д. Експериментальні дослідження забруднення територій біля Львівського полігону ТПВ після обвалу сміття у травні 2016 р. / І.І. Подольчак, В.Д. Погребенник // 4–й Міжнародний Конгрес “Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування”, Львів, 21–23 вересня 2016 р. – С. 47.
172. Гайдін А.М. Комплексне вирішення проблеми Львівського сміттєзвалища / А.М. Гайдін, В.О. Дяків, І.І. Зозуля // *Сотрудничество для решения проблемы отходов: сб. 4–ой Международной конференции*, 31 января – 1 февраля 2007 г., Харьков, Украина. – Харкoi, 2007. – С. 224–227.

173. Волошин П.К. Оцінка впливу Львівського полігону ТПВ на екологічний стан гідросфери / П.К. Волошин // Ресурси природних вод Карпатського регіону. Проблеми охорони та раціонального використання). – Львів, 2005. – С. 30–33.

174. Подольчак І.І., Погребенник В.Д. Покращення екологічного стану територій, прилеглих до Львівського полігону ТПВ / І.І. Подольчак, В.Д. Погребенник // II Міжнародна науково–практична Інтернет–конференція “Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства”, Тернопіль, 19–20 березня 2015 р. – С. 105–106.

175. Програма поводження з твердими побутовими відходами, затверджена постановою КМУ від 4 березня 2004 року № 265.

176. Мольчак Я.О., Фесюк В.О., Панькевич С.Г. Тверді і побутові відходи м. Луцька та їх вплив на довкілля / Я.О. Мольчак, В.О. Фесюк, С.Г. Панькевич // Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету. Серія : географія. – 2008. – Вип.16. – С. 135–140.

177. Подольчак І.І., Погребенник В.Д. Заходи щодо покращення стану ґрунтового покриву території Львівського полігону ТПВ / І.І. Подольчак, В.Д. Погребенник // I Міжнародна науково–практична конференція студентів, магістрантів та аспірантів “Галузеві проблеми екологічної безпеки”, Харків 22 жовтня 2015 р. – С. 57–58.

178. Позняк С.П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів: підручник. У двох частинах. Ч. 2. / С.П. Позняк // Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 286 с.

179. Коваль І.І., Погребенник В.Д. Організація інтегрованої системи управління ТПВ для Львівської області / І.І. Коваль, В.Д. Погребенник // 5–й Міжнар. Конгрес “Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування”, Львів, 26–29 вересня 2018 р. : збірник матеріалів Львівська облдержадміністрація, Національний університет “Львівська політехніка”, Західний науковий центр НАН України і МОН України, Всеукраїнська екологічна ліга. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. – С. 45.

180. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council on waste and repealing certain Directives (Waste Framework Directive). 2005/0281 (COD) PE–CONS 3646/08, ENV 411, CODEC 871, Brussels, 2 October 2008.

181. Household waste management. The European experiences / V.G. Petruk, F. Stalder, V.A. Ishchenko, I.V. Vasylykivskyi, R.V. Petruk, P.M. Turchyk, S.M. Kvaternyuk, M.I. Shyrnin, V.V. Volovodiuk. – Vinnytsia: Nilan–Ltd., 2016. – 184 p.

182. Salhofer S., Unger N., Bilitewski B. Waste Prevention and Minimization: Concepts, Strategies and Means. Solid Waste Technology & Management, Wiley, 2011. – Pp. 183-192.

183. Lipińska D. Gospodarka odpadowa i wodno–sciekowa / D. Lipińska // Wydawnictwo Uniwersytetu Lodzkiego. – Łódź, 2016. – 202 s.

184. Закон: з 2018 року Україна зобов'язалася сортувати сміття [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://texty.org.ua/pg/news/textynewseditor/read/79093/Zakon_z_2018_roku_Ukraina_zobovjazalasa_sortuvaty/

185. Коваль І.І., Погребенник В.Д. Організація сортування твердих побутових відходів: локальний аспект / І.І. Подольчак, В.Д. Погребенник // 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.

186. Кривенко С.В. Проблеми вдосконалення системи управління сферою поводження з твердими побутовими відходами: регіональний аспект / С.В. Кривенко // Управління розвитком. – Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця. – 2015. – № 2 (180) – С. 12–19.

187. Малей О.В. Шляхи удосконалення економічного механізму управління сферою поводження з твердими побутовими відходами на регіональному рівні / О.В. Малей // Комунальне господарство міст. – Харків: ХНУМГ імені О.М. Бекетова. – 2013. – № 111 – С. 41–47.

188. Малей О.В. Удосконалення економічних механізмів управління у сфері поводження з відходами на державному та регіональному рівнях / О.В. Малей // Економіст. – 2013. – № 12. – С. 19–21.

189. Іщенко В.А. Оцінка ефективності впровадження сортування побутових відходів у Вінницькому Національному технічному університеті / Збірник наукових праць II-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. – Вінниця, 2009. – С. 570–573.

190. The Sorting Guide The right waste in the right bin [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.affarsverket.se/Documents/Renhallning/Sorteringsguiden/Sorteringsguide_engelsk.pdf

191. Подольчак І.І., Погребенник В.Д. Новітні інформаційні технології управління твердими побутовими відходами / І.І. Подольчак, В.Д. Погребенник // II Міжнародна науково–практична конференція “Прикладні науково–технічні дослідження”, Івано–Франківськ, 3–5 квітня 2018 р. – С. 14.

192. Макаренко Н.А., Будаєв О.О. Полігони твердих побутових відходів: типізація за рівнем екологічної небезпечності / Н.А. Макаренко, О.О. Будаєв // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2015. № 4 (53). Режим доступу до статті: <http://nd.nubip.edu.ua/20154/4.pdf>.

193. Сагдєєва О.А., Крусір Г.В., Цикало А.Л. Оцінка рівня екологічної небезпеки звалищ твердих муніципальних відходів / О.А. Сагдєєва, Г.В. Крусір, А.Л. Цикало // Екологічна безпека та природокористування. – №1 (25), 2018. – С. 75–83.

194. Погребенник В.Д. 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.

195. Авторське свідоцтво СРСР № 1682915 МПК G01N29/18.

196. Деклараційний патент України № 33870 МПК G01N29/18.

197. Патент України № 118044 на винахід за заявкою на винахід а201604086 від 14.04.2016. Спосіб вимірювання концентрації речовини. МПК G01N 29/00. Погребенник В.Д., Подольчак І.І. Опубл. 12.11.2018. Бюл. № 21.

ДОДАТКИ

Додаток А. Акти впровадження



АКТ

про використання наукових результатів дисертаційної роботи Коваль І.І.

Даний акт підтверджує факт використання в практиці департаменту екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації наукових результатів аспірантки Коваль І.І., що були одержані нею в процесі роботи над дисертацією на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека», метою роботи якої є підвищення рівня екологічної безпеки регіону інтегрованою системою управління побутовими відходами.

Методи побудови інтегрованої системи управління побутовими відходами є результатом теоретичних та практичних досліджень, отриманих під час виконання кафедральної науково-дослідної роботи (номер державної реєстрації 0117U004014) "Методи та засоби підвищення екологічної безпеки техногенних об'єктів регіонів" (2017–2020 рр.), кафедральної науково-дослідної роботи «Оптимізація екологічного стану територій внаслідок забруднення навколишнього середовища важкими металами» (номер державної реєстрації 0112U000795) (2012-2016 рр.) 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.).

Дисертанткою запропоновано методологію моделювання інтегрованих систем управління відходами на основі декомпозиції інтегрованої системи управління відходами та матричні рівняння моделі показника якості середовища.

Нею розроблено класифікацію опаковальних відходів, як інформаційний засіб для сортування таких типів ПВ з подальшим розвитком розроблення вибору щодо їх ефективного перероблення та утилізації; виконано комплексний аналіз впливу на довкілля Львівського полігону побутових відходів. Запропоновано підходи до організації та методи побудови інтегрованої системи управління побутовими відходами на регіональному та локальному рівні, що дасть змогу підвищити рівень екологічної безпеки. Розроблено підходи щодо сортування побутовими відходами та запропоновано схему логістичного процесу управління на рівні житлового комплексу, перевагою яких є здешевлення оплати за побутові відходи. Розроблено підходи до побудови комп'ютерної системи моніторингу побутових відходів, в основу якої покладено екологічний контроль водного середовища, атмосферного повітря, ґрунтів та небезпечних відходів та система прийняття рішень.

Розроблена Коваль І.І. інтегрована система управління побутовими відходами створює науково обґрунтовану основу для забезпечення мінімізації утворення та накопичення побутових відходів.

Економічний ефект від впровадження інтегрованої системи управління побутовими відходами не підраховувався.

Даний акт не є підставою для фінансових розрахунків.

Заступник директора департаменту –
начальник управління регулювання
природокористування

начальник відділу екологічної експертизи,
нормування атмосферного повітря
та поводження з відходами


Василюшин М. І.


Сорока Н.Л.

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Начальник Державної екологічної інспекції у Львівській області

Маланич М.М.

“14” листопада 2018 р.



АКТ

про використання наукових результатів дисертаційної роботи Коваль І.І.

Даний акт підтверджує факт використання в практиці екологічного контролю та стратегічного планування діяльності ДЕІ у Львівській області наукових результатів Коваль І.І., що були одержані нею в процесі роботи над дисертацією на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 “Екологічна безпека”, метою роботи якої є підвищення рівня екологічної безпеки регіону інтегрованою системою управління побутовими відходами.

Методи побудови інтегрованої системи управління побутовими відходами є результатом теоретичних та практичних досліджень, отриманих під час виконання кафедральної науково-дослідної роботи (номер державної реєстрації 0117U004014) “Методи та засоби підвищення екологічної безпеки техногенних об’єктів регіонів” (2017–2020 рр.), кафедральної науково-дослідної роботи “Оптимізація екологічного стану територій внаслідок забруднення навколишнього середовища важкими металами” (номер державної реєстрації 0112U000795) (2012–2016 рр.) 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.).

Науковий керівник дисертаційної роботи – професор кафедри екологічної безпеки та природоохоронної діяльності Інституту сталого розвитку ім. В. Чорновола Національного університету “Львівська політехніка” доктор технічних наук, професор, Погребенник В.Д.

У дисертаційній роботі Коваль І.І. запропоновано методологію моделювання інтегрованих систем управління відходами. Розроблено класифікацію опаковальних відходів та виконано комплексний аналіз впливу на довкілля Львівського полігону побутових відходів. Встановлено, що Львівський полігон негативно впливає на всі компоненти довкілля. Запропоновано низку рекомендацій, а також план необхідних заходів щодо приведення полігону до стану екологічно безпечної території. Запропоновано підходи до організації та методи побудови інтегрованої системи управління побутовими відходами на локальному рівні, що дасть змогу підвищити рівень екологічної безпеки. Розроблено підходи щодо сортування побутовими відходами на рівні житлового комплексу та методи побудови комп’ютерної системи моніторингу побутових відходів, в основу якої покладено систему прийняття рішень та екологічний контроль водного середовища, атмосферного повітря, ґрунтів та небезпечних відходів.

При розробленні інтегрованої системи управління відходами та системи моніторингу побутових відходів використано рішення від 09.08.2018 р. про видачу патенту України на винахід за заявкою на винахід а201604086 від 14.04.2016. Спосіб вимірювання концентрації речовини. МПК G01N 29/00. Погребенник В.Д., Подольчак І.І. Дане технічне рішення характеризується високою точністю.


Розроблена Коваль І.І. інтегрована система управління побутовими відходами створює основу для зменшення кількості побутових відходів на регіональному та місцевому рівні.

Економічний ефект від впровадження запропонованої інтегральної системи управління побутовими відходами не підраховувався.

Даний акт не є підставою для фінансових розрахунків.

Заступник начальника Інспекції

т.в.о. начальника відділу державного
екологічного нагляду (контролю) за поводженням
з відходами та небезпечними хімічними речовинами



Стрищак В.І.



Ярема І.Б.



АКТ

про використання у навчальному процесі
 Національного університету “Львівська політехніка”
 результатів досліджень та розробок, одержаних
 підчас виконання дисертаційної роботи
**“Підвищення рівня екологічної безпеки регіону інтегрованою системою
 управління побутовими відходами”**
 Коваль Ірини Ігорівни

Комісія в складі: голови науково-методичної ради ІСТР ім. В’ячеслава Чорновола, к.т.н., доц. Стасевича С.П., зав. каф. ЕБПД д.т.н., проф. Петрушки І.М., д.т.н., доц. Мокрого В.І., к.т.н., доц. Шибанової А.М. цим актом підтверджують, що основні положення та результати дисертаційної роботи **“Підвищення рівня екологічної безпеки регіону інтегрованою системою управління побутовими відходами”** Коваль Ірини Ігорівни на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 “Екологічна безпека” використано:

1. У програмі лекційного курсу “Технології захисту навколишнього середовища”, а саме у розділі “Тверді побутові відходи”, оскільки отримані результати стосуються систем інтегрованого управління побутовими відходами.

2. Встановлені закономірності та методи інтегрованого управління побутовими відходами підчас викладання та підготовки методичних вказівок до виконання практичних робіт з дисципліни “Технології перероблення та утилізації відходів” (тема “Технології перероблення твердих побутових відходів”).

Голова НМР ІСТР ім. В. Чорновола
 к.т.н., доцент

Стасевич С.П.

Члени комісії:

зав. каф. ЕБПД, д.т.н., проф.
 д.т.н., доц.
 к.т.н., доц.

Петрушка І.М.
 Мокрий В.І.
 Шибанова А.М.

Додаток Б.





УКРАЇНА

(19) UA (11) 118044 (13) C2

(51) МПК (2018.01)

G01N 29/00

G01N 29/024 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2016 09876</p> <p>(22) Дата подання заявки: 26.09.2016</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 12.11.2018</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 10.01.2018, Бюл.№ 1</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.11.2018, Бюл.№ 21</p>	<p>(72) Винахідник(и): Погребенник Володимир Дмитрович (UA), Подольчак Ірина Ігорівна (UA)</p> <p>(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА", вул. Ст. Бандери, 12, м. Львів, 79013 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: SU 1682915 A1, 07.10.1991 UA 33870 A, 15.02.2001 Інформаційно-вимірвальна система для оперативного екологічного моніторингу водного середовища/ Володимир Погребенник, Анатолій Романюк// Вимірвальна техніка та метрологія. - 2009. - №70. - С. 50 - 54. Аналіз методичної похибки вимірювання загальної концентрації домішок у воді/ В.Д. Погребенник, Р.В. Політило, А.В. Романюк// Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. - 2010. - Вип. 39. - С. 76 - 80. SU 605163 A1, 30.04.1978 EP 0407676 A1, 16.01.1991 US 4630482 A, 23.12.1986</p>
--	---

UA 118044 C2

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ РЕЧОВИНИ

(57) Реферат:

Винахід належить до вимірвальної техніки і може бути використано для визначення концентрації речовин. Спосіб полягає у випромінюванні та прийманні імпульсного ультразвукового сигналу в контрольовану та n еталонних речовин, вимірюванні різниці часів поширення ультразвукових сигналів в еталонних речовинах, в контрольованій та еталонних речовинах, а концентрацію C водного середовища визначають за формулою:

$$C = \frac{1}{m\alpha} \sum_{i=1}^{i=n} \lg \left[\frac{(T_k - T_{i+1})10^{-\alpha C_i} + (T_i - T_k)10^{-\alpha C_{i+1}}}{(T_i - T_{i+1})} \right],$$

де α - нахил градувальної характеристики, $\text{дм}^3/\text{мг}$; m - кількість тактів вимірювання; n - кількість еталонних речовин; T_k , T_i , T_{i+1} - часи поширення ультразвукових сигналів у досліджуваній, i -й та $i+1$ -й еталонній речовинах; C_i , C_{i+1} - концентрації еталонних речовин. Спосіб характеризується високою точністю.

Додаток В.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

В яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

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.*
3. 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. *Особистий внесок – аналіз методів і систем управління побутовими відходами.*
4. 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.*
5. 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.*
6. 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.*
7. 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. *Особистий внесок – виконання експериментальних досліджень.*
8. Патент України на винахід № 118144 за заявкою а201604086 / 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.*

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

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 II 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 // II Міжнародна науково-практична конференція “Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи”/ Стандартизація. Сертифікація. Якість. – 28-30 травня 2015. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2015. – 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: ЛьДЦНП, 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 пакувальних 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 упакувань.*
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 опакувальних відходів в Україні / В.Д. Погребенник, І.І. Подольчак // Матеріали Міжнародного наукового симпозиуму 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 // II Міжнародна науково-практична конференція “Прикладні науково-технічні дослідження”, 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 ТПВ.*
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.*