

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра екології та
охорони довкілля

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Просторово-часові закономірності захоронення твердих
побутових відходів в регіонах України»

Виконав студент 2 курсу групи МЕБ-18
спеціальності 101 – Екологія
Осиновська Віталія Ярославівна

Керівник к.геогр.н., доц.
Приходько Вероніка Юріївна

Рецензент д.е.н., проф.
Губанова Олена Ростиславівна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки
Кафедра екології та охорони довкілля
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 101 – Екологія
Освітньо-професійна програма Екологічна безпека
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології та охорони довкілля

Сафранов Т.А.
“28” жовтня 20 19 року

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Осиновській Віталії Ярославівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Просторово-часові закономірності захоронення твердих побутових відходів в регіонах України

керівник роботи Приходько Вероніка Юріївна, к.геогр.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 08 ” жовтня 2019 р. № 235-“С”

2. Строк подання студентом роботи 9 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи дані Міністерства розвитку громад та територій України щодо утворення, захоронення твердих побутових відходів в Україні за 2018 рік, а також тарифів на вивезення відходів, дані норм надання послуг з вивезення твердих побутових відходів в регіонах України за 2010-2016 рр.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) проаналізувати стан проблеми твердих побутових відходів та основні напрямки вирішення; 2) охарактеризувати екологічні проблеми, пов'язані із захороненням твердих побутових відходів; 3) проаналізувати існуючі підходи щодо комплексного дослідження проблеми відходів та сформулювати набори показників для характеристики ситуації; 4) сформулювати базу даних показників утворення і захоронення твердих побутових відходів по регіонах України і проаналізувати її; 5) визначити індикатори ситуації з твердими побутовими відходами в регіонах України; 6) розглянути основні підходи щодо районування території за набором індикаторів та виконати районування території України за ситуацією із захороненням твердих побутових відходів.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
- Діаграми розподілу значень норм надання послуг з вивезення твердих побутових відходів, окремих похідних показників захоронення відходів
 - Карти-схеми, що ілюструють ситуацію із захоронення твердих побутових відходів, в т.ч. і на несанкціонованих звалищах, а також результати районування
 - Карта-схема районування території України за ситуацією із захороненням твердих побутових відходів та дендрограма класифікації регіонів України

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	<i>немає</i>		

7. Дата видачі завдання 28 жовтня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	<i>Аналіз літературних джерел з теми роботи, характеристика сучасного стану поводження з твердими побутовими відходами в Україні</i>	28.10.19-02.11.19	95	5 (відм.)
2	<i>Екологічні наслідки захоронення твердих побутових відходів на звалищах і полігонах</i>	03.11.19-11.11.19	90	5 (відм.)
3	<i>Формування бази даних з утворення і захоронення твердих побутових відходів по регіонам України, аналіз вихідних даних</i>	12.11.19-17.11.19	85	4 (добре)
	Рубіжна атестація	18.11.19-23.11.19	90	5 (відм.)
4	<i>Аналіз досліджень щодо районування територій за використанням земель для захоронення твердих побутових відходів та комплексної оцінки ситуації із захороненням відходів</i>	24.11.19-26.11.19	95	5 (відм.)
5	<i>Визначення індикаторів утворення та захоронення твердих побутових відходів в регіонах України. Районування території за ситуацією із захороненням відходів з використанням кластерного аналізу</i>	27.11.19-02.12.19	85	4 (добре)
6	<i>Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.</i>	03.12.19-06.12.19	90	5 (відм.)
7	<i>Підготовка остаточної паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи та презентаційного матеріалу до попереднього і публічного захисту в АК. Рецензування роботи.</i>	07.12.19-09.12.19	90	5 (відм.)
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		90,0	

(до десятих)

Студент

_____ Осинівська В.Я.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Приходько В.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Осиновська В.Я. Просторово-часові закономірності захоронення твердих побутових відходів в регіонах України.

Актуальність теми обумовлена сучасними змінами в нормативно-законодавчій базі України, зокрема, одним із завдань Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року є суттєве скорочення існуючих місць захоронення, що неможливе без проведення реальної оцінки ситуації, що склалася. Тому дослідження регіональних особливостей захоронення ТПВ, розробки показників-індикаторів для характеристики ситуації із захороненням твердих побутових відходів є актуальними.

Метою роботи є дослідження просторово-часових закономірностей захоронення ТПВ в регіонах України.

Об'єкт дослідження – поводження з твердими побутовими відходами в регіонах України.

Предмет дослідження – просторово-часові закономірності захоронення ТПВ в регіонах України.

Методи дослідження. Статистичні методи обробки даних, кластерний аналіз. При виконанні роботи були використані офіційні статистичні дані про стан сфери поводження з твердими побутовими відходами в Україні за 2018 рік.

Результати дослідження. Для вирішення завдання міжрегіонального зіставлення доцільно перейти до питомих показників. З цією метою нами сформовані і проаналізовані три блоки індикаторів: утворення і захоронення відходів, індикатори місць захоронення відходів та соціально-економічні показники захоронення твердих побутових відходів. Районування території України за ситуацією із захороненням ТПВ з використанням кластерного аналізу дало змогу визначити групи районів з найгіршою і найкращою ситуацією.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в розробці підходу щодо дослідження просторово-часових закономірностей захоронення твердих побутових відходів на основі показників-індикаторів.

Теоретичне та практичне значення роботи полягає в дослідженні просторово-часових закономірностей захоронення твердих побутових відходів в регіонах України на основі розробленого набору показників-індикаторів і районуванні території за ситуацією із захороненням відходів.

Структура та обсяг роботи. Робота складається із переліку скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (26 найменувань). Робота містить 8 рисунків, 10 таблиць. Загальний обсяг роботи – 73 сторінки.

Ключові слова: тверді побутові відходи, захоронення, індикатор, районування.

ABSTRACT

Osinovskaya V.Ya. Spatio-temporal patterns of municipal solid waste disposal in the regions of Ukraine.

Actuality of theme due to the current changes in the regulatory framework of Ukraine, in particular, one of the tasks of the National Waste Management Strategy in Ukraine until 2030 is a significant reduction of existing landfills, which is impossible without a real assessment of the current situation. Therefore, the study of landfill disposal regional features, development of indicators to characterize the situation with the municipal solid waste disposal are relevant.

The purpose of the work is a study of space-time patterns of landfill disposal in the regions of Ukraine.

The object of research is municipal solid waste management in the regions of Ukraine.

Subject of research – spatial and temporal patterns of landfill disposal in the regions of Ukraine.

Research methods. Statistical information analysis methods, including cluster analysis. Official statistics on the state of solid waste management in Ukraine for 2018 were used in the work.

Research results. To decision the task of cross-regional comparison, it is advisable to move to specific indicators. For this, three blocks of indicators have been formed and analyzed: waste generation and disposal, landfill indicators and socio-economic indicators of municipal solid waste disposal. Zoning of the Ukraine territory by the landfill disposal situation using cluster analysis made it possible to identify groups of regions with the worst and the best situation.

The scientific novelty of results is to develop an approach to investigate the spatial and temporal patterns of landfill disposal based on indicators..

The theoretical and practical significance is to study the spatial and temporal patterns of landfill disposal in the regions of Ukraine on the basis of a developed set of indicators and zoning the territory according to the situation with waste disposal.

Structure and scope of work. The work consists of a list of abbreviations, introduction, four sections, conclusions, list of literature (26 sources names). The work includes 8 drawings, 10 tables. Total amount of work – 73 pages.

Key words: municipal solid waste, waste disposal, indicators, zoning.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	9
ВСТУП	10
1 1 ЗАХОРОНЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ЯК МЕТОД ПОВОДЖЕННЯ З НИМИ	13
1.1 1.1 Вимоги до захоронення твердих побутових відходів на полігонах за ДБН В.2.4-2-2005	17
1.2 Екологічні наслідки захоронення відходів	20
2 КОМПЛЕКСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ ПІД ЗАХОРОНЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ	25
2.1 Розробка набору індикаторів для характеристики ситуації з твердими побутовими відходами на регіональному рівні	28
2.2 Районування території за використанням земель під захоронення відходів	31
2.2.1 Метод зважених балів	33
2.2.2 Використання кластерного аналізу для районування	35
3 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ, ЯКІ ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ УТВОРЕННЯ ТА ЗАХОРОНЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В РЕГІОНАХ УКРАЇНИ	40
3.1 Аналіз даних про утворення та захоронення твердих побутових відходів	40
3.2 Аналіз даних про місця захоронення твердих побутових відходів	42
3.3 Аналіз даних про послуги з вивезення та захоронення твердих побутових відходів	46
3.4 Визначення і аналіз значень індикаторів утворення і захоронення твердих побутових відходів в регіонах України за 2018 рік	47
4 РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ЗА СИТУАЦІЄЮ ІЗ ЗАХОРОНЕННЯМ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ	55

	8
4.1 Особливості кластерного аналізу у програмі Statistica	56
4.2 Результати районування з використанням кластерного аналізу	59
ВИСНОВКИ	65
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	67
ДОДАТКИ	71
Додаток А	72
Додаток Б	73

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

ВМР	вторинні матеріальні ресурси
НПС	навколишнє природне середовище
ПТС	природно-технічна система
ТПВ	тверді побутові відходи

ВСТУП

Проблема твердих побутових відходів (ТПВ) відноситься до однієї з найбільш важливих екологічних проблем не тільки регіонів, але і світової спільноти в цілому. Сталий розвиток неможливий без усвідомлення і вирішення проблеми відходів, що є одним їх пріоритетних напрямків в екологічній політиці багатьох країн. У довгостроковій перспективі існуюча ситуація в сфері ТПВ буде посилюватися через зростання кількості відходів та відсутність або затримку реальних і ефективних методів поводження з ними.

За даними Міністерства розвитку громад та територій України (далі – Мінрегіон), в Україні за 2018 рік (без урахування даних АР Крим та м. Севастополь) утворилось майже 54 млн. м³ побутових відходів, або понад 9 млн. тонн, які захоронюються на 6 тис. сміттєзвалищ і полігонів загальною площею понад 9 тис. га [1]. До цього необхідно додати 26 тис. стихійних звалищ загальною площею біля 0,75 тис. га, виникнення яких пов'язане з відсутністю централізованого вивозу ТПВ (22% населення не охоплено послугами із вивезення ТПВ). До цього додамо, що більшість місць захоронення ТПВ перевантажені, не відповідають нормам екологічної безпеки і тим паче європейським вимогам до полігонів ТПВ.

Фактично, основним методом поводження з ТПВ в Україні є захоронення на звалищах і полігонах (94% від загальної маси утворених відходів). Попри значні реформи у законодавчій сфері очікується, що захоронення залишиться основним методом поводження з ТПВ на тривалий період, а місця та об'єкти захоронення ТПВ залишатимуться джерелами негативного впливу на довкілля.

Одним із завдань Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року [2] є збільшення рівня перероблення ТПВ до 15% (у 2023 році) та 50% (у 2030 році) та відмова від великої кількості сміттєзвалищ

і полігонів одночасно з будовою нових регіональних полігонів. Розробка регіональних планів управління відходами передбачає інвентаризацію існуючих полігонів і звалищ та перехід на регіональні полігони (об'єкти обробки відходів). Решта має бути закрита екологічно безпечним способом. Тобто одним із завдань Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року є суттєве скорочення існуючих місць захоронення, що неможливе без проведення реальної оцінки ситуації, що склалася.

Тому питання дослідження регіональних особливостей захоронення ТПВ, розробки показників-індикаторів для характеристики ситуації із захороненням ТПВ на різних рівнях територіальної організації є актуальними.

Метою роботи є дослідження просторово-часових закономірностей захоронення ТПВ в регіонах України. Для досягнення мети були поставлені та реалізовані такі завдання:

- 1) проаналізувати стан проблеми ТПВ та основні напрямки вирішення; охарактеризувати екологічні проблеми, пов'язані із захороненням ТПВ;
- 2) проаналізувати існуючі підходи щодо комплексного дослідження проблеми відходів та сформувати набори показників для характеристики ситуації;
- 3) сформувати базу даних показників утворення і захоронення ТПВ по регіонах України і проаналізувати її;
- 4) визначити та проаналізувати індикатори ситуації з ТПВ в регіонах України;
- 5) розглянути основні підходи щодо районування території за набором індикаторів та виконати районування території України за ситуацією із захороненням ТПВ.

Об'єкт дослідження – ситуація, що склалася з ТПВ в регіонах України. Предмет дослідження – просторово-часові закономірності захоронення ТПВ в регіонах України.

Матеріали та результати досліджень опубліковані в збірнику наукових праць національного наукового круглого столу та II Всеукраїнської науково-практичної конференції «Екологічна безпека: сучасні проблеми та пропозиції» (Харків, 2019) та у Збірнику тез доповідей Міжнародного наукового симпозіуму «Тиждень еколога – 2019» (Кам'янське, 2019). Перелік опублікованих робіт за темою КМР наведений у Додатку А.

1 ЗАХОРОНЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ЯК МЕТОД ПОВОДЖЕННЯ З НИМИ

Відповідно до Закону України «Про відходи» (1998), захоронення відходів – остаточне розміщення відходів при їх видаленні у спеціально відведених місцях чи на об'єктах таким чином, щоб довгостроковий шкідливий вплив відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини не перевищував установлених нормативів. У проекті нового Закону України «Про управління відходами», захоронення відходів – розміщення відходів на поверхні чи в землі (підземне), у спосіб, що не становить загрози для здоров'я людини та навколишнього природного середовища і не передбачає їх подальшого оброблення.

Сьогодні основним методом поводження з ТПВ на сьогодні є їх захоронення на полігонах і звалищах. За даними Доповіді «What a Waste?» (2012) [3], більше половини відходів, що утворюються у світі, розміщується на звалищах і полігонах, що, в підсумку, обумовлює забруднення і засмічення навколишнього природного середовища (НПС) компонентами відходів і продуктами їх деструкції.

Повільне зниження ролі полігонів пояснюється тим, що мінімізація і рециклінг відходів вимагають багаторічних зусиль по зміні «споживчого» стереотипу поведінки та освіти населення. Можливість застосування коштовних технологій утилізації відходів (спалювання, компостування, механіко-біологічна обробка, анаеробне зброджування) безпосередньо пов'язана з рівнем економічного розвитку країни.

Щорічний приріст утворення ТПВ в світі становить 3-6%, що істотно перевищує приріст населення Землі. У країнах Західної Європи питоме утворення відходів складає від 322 до 800 кг / чел. в рік. Середній показник утворення ТПВ на одного жителя в Україні становить близько 350-400 кг / рік, і цей показник має тенденцію до зростання.

Незважаючи на сучасні тенденції в розвинених країнах, особливо в Європейського союзу, спрямовані на попередження утворення відходів, підвищення їх повторного використання, рециклінг і енергетичне використання, захоронення на полігонах все ще залишається найбільш поширеним способом поводження з ТПВ не тільки в розвинених країнах, а й в країнах з перехідною економікою та країнах, що розвиваються [4].

Виділимо основні напрямки негативного впливу місць захоронення ТПВ на НПС [5]:

- 1) емісія біогазу, до складу якого входять метан і вуглекислий газ - парникові гази;
- 2) забруднення атмосферного повітря продуктами горіння (тління), серед яких особливо виділяється широкий спектр вуглеводнів, в т.ч. діоксинів;
- 3) утворення фільтрату з опадів і продуктів деструкції відходів в тілі полігону і, як наслідок, вторинне забруднення підземних вод;
- 4) забруднення водних об'єктів поверхневим стоком з території полігону або звалища, а також фільтратом;
- 5) вилучення земель (1 т ТПВ займає приблизно 3 м² території);
- 6) засмічення прилеглих територій легкими фракціями ТПВ;
- 7) зниження природно-рекреаційного потенціалу території, порушення екологічної рівноваги в екосистемах і т.д.

З точки зору збереження природних ресурсів компоненти ТПВ, при їх захороненні, назавжди втрачають свою ресурсну цінність, а єдиним варіантом використання «ресурсу» місць захоронення відходів є збір і утилізація біогазу, що доцільно здійснювати тільки на великих полігонах ТПВ.

Як бачимо, негативні екологічні наслідки захоронення відходів на звалищах і полігонах настільки різноманітні і значні, що повинні стати потужним стимулом для переходу до іншої моделі – до ефективного поводження з ТПВ на основі «ієрархії методів поводження з відходами»

(Директива 2008/98 / ЄС «Про відходах ... »). Однак на сьогоднішній момент ситуація практично не змінюється. Основним методом поводження з ТПВ залишається їх захоронення на звалищах і полігонах: за даними Доповіді [3], навіть в країнах, які вирішують проблему ТПВ (а це країни з високим рівнем соціально-економічного розвитку, що входять до ОЕСР), близько 42% відходів розміщується на полігонах.

Крім широкого поширення і переваги перед іншими методами поводження з ТПВ, негативні екологічні наслідки захоронення будуть посилюватися ще за однієї причини – збільшення кількості відходів, що утворюються. Основним фактором, що визначає кількість відходів, є рівень соціально-економічного розвитку країни, який, в свою чергу, визначає похідні чинники: споживання, урбанізованість, культура торгівлі та громадського харчування, екологічна культура і національні традиції [5].

Як приклад, що ілюструє збільшення питомих показників утворення відходів, на рис. 1.1 представлено зміну норм накопичення ТПВ за період з 1920 по 2012 рр. До 1990 року це дані, які стосуються колишнього СРСР, після 1990 року – дані для України. На рис. 1 представлена динаміка зміни питомого утворення ТПВ на основі довідникових даних про норми накопичення ТПВ, норми надання послуг з вивезення ТПВ та розраховані за даними Мінрегіону [1] за 2018 р.

Згідно Доповіді [3], до 2025 р. в світі очікується подвоєння кількості ТПВ до показників 2012 р. Також, за оцінками авторів Доповіді, до 2100 р. очікується потроєння кількості утворюються ТПВ на рівні 11 млн. т за добу.

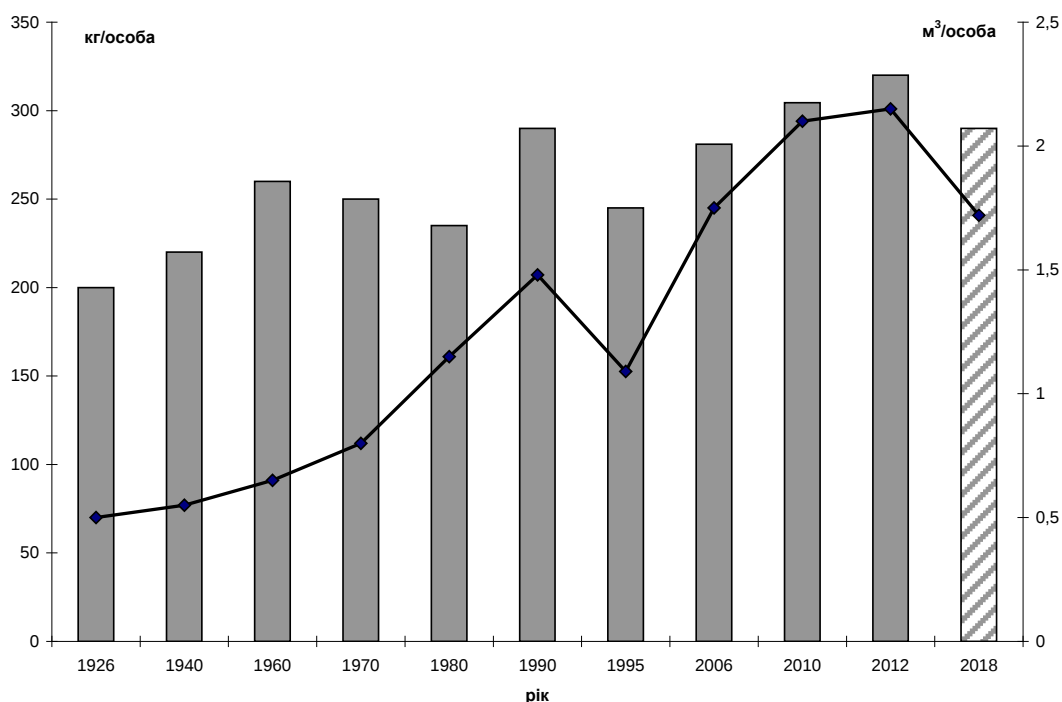


Рисунок 1.1 – Динаміка норм накопичення ТПВ в Україні
(за довідковими даними та нормативними документами)

Як бачимо, норми накопичення ТПВ за 90-річний період виростили в 4 рази за обсягом і в 1,6 рази за масою.

Поточна ситуація в сфері ТПВ в Україні може бути охарактеризована наступним чином [5, 6]:

- для населених пунктів, охоплених системою збору та вивезення відходів, характерний валовий збір без поділу на складові, а збір вторсировини носить осередковий характер і часто не пов'язаний із загальною системою поводження з ТПВ;
- відбувається неухильне збільшення норм накопичення ТПВ під дією змін в споживанні і рівні соціально-економічного розвитку;
- інформація про кількісні та якісні характеристики потоку відходів відсутня або позбавлена фізичного змісту, інформації про вплив місць об'єктів з видалення ТПВ на НПС також недостатньо;
- основним фактором у виборі методу поводження з ТПВ є вартість: найбільш дешевим способом є захоронення ТПВ, тим більше нелегальне;

- існуючі полігони ТПВ почали свою історію з 80-90-х років ХХ століття і були розраховані на 15-20 років експлуатації. Це означає, що сьогодні такі полігони повинні бути закриті і рекультивовані, проте вони продовжують роботу в умовах значного перевищення ємності й через відсутність альтернативних місць захоронення і способів поводження з ТПВ;
- посилення протиріч в системі «навколишнє середовище - відходи» та криза в рішенні «сміттєвої» проблеми особливо характерна для міських агломерацій, однак вони повинні стати першими об'єктами для переходу на іншу модель системи управління та поводження з ТПВ.

Екологічні проблеми, що виникають внаслідок неефективного поводження з ТПВ, поглиблюються неухильним зростанням кількості відходів, що утворюються і інертністю суспільства в усвідомленні проблеми і реакції на неї.

1.1 Вимоги до захоронення твердих побутових відходів на полігонах за ДБН В.2.4-2-2005

Полігони ТПВ є інженерними спеціалізованими спорудами, призначеними для захоронення ТПВ. За особливостями розташування в рельєфі поділяються на: рівнинні, схиліві, вододільні – розташовані на вододільних просторах, ярово-балкові, котловинні чи кар'єрні, гірські, змішані та ін. До проектування нового будівництва полігонів ТПВ в Україні висувають певні вимоги. Дно і укosi полігону повинні мати протифільтраційні екрани з природних матеріалів (глини, важкого суглинку) товщиною не менше 1 м. Основа днища повинна бути на 2 м вище прогнозованого рівня ґрунтових вод, з терміном експлуатації не менше 15-20 років. Полігони поділяються за потужністю, в залежності від річного обсягу прийнятих відходів, котрий може становити більше 1000 тис м³ [7]. Тобто, полігон ТПВ це природоохоронний об'єкт, який повинен бути спроектований та побудований у відповідності з діючими будівельними, санітарними та

екологічними нормами. Сучасний полігон ТПВ – це складна та дорожочінна споруда, площею декілька гектарів та глибиною декілька десятків метрів (рис. 1.2).

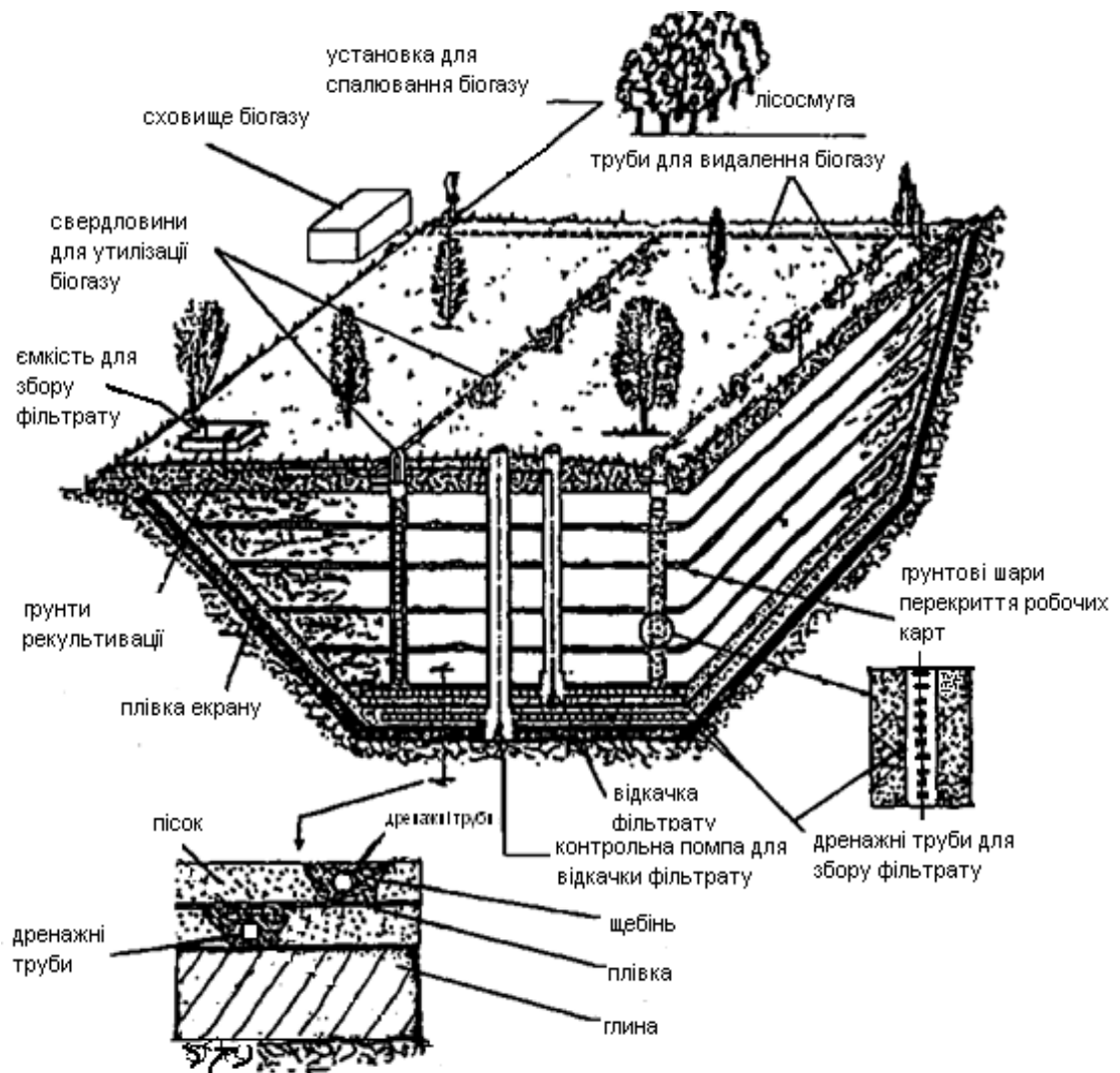


Рисунок 1.2 – Схема полігону кар'єрного або ярово-балкового типу

Захист ґрунтів і ґрунтових вод здійснюється за допомогою спеціального протифільтраційного екрану по дну і бортах полігону, обладнанням систем перехоплення і відведення фільтрату, розміщенням спостережних свердловин за рівнем забруднення ґрунтових вод.

Захист атмосферного повітря та прилеглих земель досягається шляхом укріплення заповнених робочих карт шарами ґрунту, системою збору біогазу, обладнанням спеціальними сітками, що перешкоджають поширенню легких фракцій. Крім того, навколо полігону створюється лісосмуга шириною не

менше 20 м. Газові свердловини полігону для збору біогазу монтуються із перфорованих залізобетонних кілець, діаметром 0,7 м. В середину вставлена перфорована поліетиленова труба, діаметром 15 см, між ними засипається крупний щебінь. Труби приєднанні до єдиного колектора, деколи здійснюється примусове відкачування газу або він підштовхується повітрям. Одна труба спроможна зібрати газ з площі діаметром 30-35 м, тобто на 1 га полігону необхідно встановити три труби. З однієї свердловини збирається від 50 до 200 м³/год біогазу, вміст метану – 50-60% [8].

Захист поверхневих водних об'єктів забезпечується шляхом перехоплення зливових і талих вод, що стікають з території полігону, очищення поверхневого стоку.

Термін служби полігону повинен становити не більше 15 - 20 років. Розміщують їх з урахуванням вимог санітарних норм на відстані не ближче 500 м від житлової забудови.

Після закінчення терміну експлуатації полігону обов'язково повинна проводитися рекультивація даної ділянки. Вона проводиться в два етапи: технічний (вирівнювання, система дегазації, створення захисного покриття і завезення родючих ґрунтів) і біологічний (засів трав) [7].

Після закінчення експлуатації полігону будівельні норми [7] передбачають обов'язкову рекультивацію і спорудження комбінованого верхнього шару з природних і штучних матеріалів з мінімальною газо- і вологопроникненістю. Дані вимоги спрямовані на запобігання утворенню фільтрату і блокування неконтрольованого виходу біогазу. Однак досвід застосування захисних екранів в західних країнах показує, що з часом всі вони мають тенденцію до деформації, руйнування і втрати виконуваних ними функцій. Крім того, при припиненні надходження вологи відбуваються уповільнення біохімічних процесів розкладання і «консервація» органічної речовини відходів на тривалий термін. Таким чином, проблема емісій не зникає, а переноситься в майбутнє до моменту порушення захисної оболонки [4].

В Україні полігони ТПВ існують лише на стадії проектування. При виконанні їх будівництва та експлуатації перетворюється на звалища – санкціоновані стихійні місця зберігання відходів, без дотримання будь-яких норм. Нехтування інженерними та екологічними умовами при виборі ділянок під полігони ТПВ, та недотримання природоохоронних заходів призвело до того, що більшість полігонів ТПВ організовано на непридатних земельних ділянках з екологічної точки зору, з порушеннями нормативних вимог, які, у свою чергу, стали джерелами інтенсивного впливу на НПС [9]. Низькі тарифи на утилізацію ТПВ призводять до того, що основна частина коштів, акумульованих за рахунок сплати населенням послуг з вивезення та утилізації ТПВ, витрачається на збір і транспортування ТПВ на звалища. Таким чином, складна процедура утилізації ТПВ підміняється простим видаленням ТПВ із зони їх утворення. Експлуатація звалищ здійснюється з мінімальним рівнем витрат - більшість їх не є інженерними спорудами і не задовольняють вимогам українських та тим паче європейських екологічних стандартів щодо захисту підземних вод і повітряного басейну. На звалищах зазвичай відсутні нижні і верхні захисні покриття, системи збору і очищення фільтрату, контроль газових емісій [4].

1.2 Екологічні наслідки захоронення відходів

Місця захоронення ТПВ є джерелами негативного впливу на НПС.

Вплив на атмосферу звалищ і полігонів полягає у виділенні продуктів горіння та в утворенні біогазу або звалищного газу. Оскільки в складі ТПВ містяться вуглецевміщуючі відходи, то можливо загоряння маси відходів з утворенням продуктів горіння – CO, CO₂, вуглеводнів (особливо галогенпохідних, зокрема діоксини), SO₂, золи і т.д.

Одним з основних викидів з полігонів ТПВ в навколишнє середовище є біогаз, неконтрольована емісія якого приводить до негативних екологічних

наслідків: збільшується пожежо- і вибухонебезпечність, токсичність навколишнього повітря, розвивається парниковий ефект [4].

Маса ТПВ на полігоні являє собою так званий «біохімічний реактор», в якому відбуваються процеси трансформації органічних речовин і виділення біогазу. Макрокомпонентами звалищного газу є метан (CH_4) і діоксид вуглецю (CO_2), їх співвідношення може змінюватися від 40 – 70% до 30 – 60% відповідно. В якості супутніх компонентів присутні азот (N_2), кисень (O_2), водень (H_2), а також різні органічні сполуки. Кількість звалищного газу, що утворюється, та концентрація метану залежать від вмісту органічних фракцій. Склад звалищного газу може нараховувати до 50 компонентів: алкани, циклоалкани, алкени, ароматичні та галогеновані вуглеводні, спирти, прості і складні ефіри, органічні складові та ін. Середньостатистичний морфологічний склад біогазу: азоту діоксид 0,6...0,71 %; аміак – 33...0,35 %; ангідрид сірчаний – 0,04...0,06 %; діхлордіфторметан – 0,02...0,03 %; декан – 0,02...0,03 %; діхлоретан – 0,04...0,06 %; ізопропілбензол – 0,01 %; толуол – 0,08...0,1 %; метан – 55,1...72,6 %; пропан – 0,06...0,08 %; вуглеводні – 0,09...1,2 %; вуглецю діоксид – 10,1...22,2 %; хлор загальний – 0,01...0,06 %; хлор етан – 0,04...0,06 % та інші складові [10].

З 1 т ТПВ виділяється близько 200 м³ газів протягом 20-40 років. Максимум біогазу утворюється через 5-6 років. Деякі автори стверджують, що виділення газів звалищем триває не менше 75 років. За 30-50 років трансформується приблизно 30% захороненої органіки, інша частина продовжує розкладатися протягом наступних десятиліть [11, 12].

Питома теплота згоряння – 21 МДж/м³. На утворену кількість біогазу впливають такі показники, як: властивості відходів, а саме склад, щільність, вік і вологість відходів; особливості місця захоронення ТПВ: площа, глибина, способи експлуатації та рекультивації сховища відходів, водний баланс сховища [8]. Відомо, що біогаз може мігрувати на значні відстані від полігону і проникати в підвали будинків. За певних умов метан

вибухонебезпечний і пожежонебезпечний. Оксид вуглецю та інші гази, такі як сульфід водню, можуть стати причиною отруєння [12].

Біогаз – відновлюване джерело енергії, в світі реалізовано понад 2 000 проектів його використання, найбільш часто він застосовується змінюється для виробництва електроенергії. Вироблення електроенергії з біогазу і продаж її в мережу по «зеленому» тарифу (в Україні для біогазу з 1 квітня 2013 р діє тариф 1,34 грн./КВт·год без ПДВ) доцільна для великих полігонів, які обслуговують понад 100-200 тис. жителів. Доцільність спалювання біогазу в українських котельнях і печах (без підвищення вмісту метану) залежить від вартості природного газу, який можна замінити [4].

Міські звалища є джерелом забруднення НПС хлорорганічними сполуками, в тому числі діоксинами, дибензофуранами, біфенілами, поліциклічними ароматичними вуглеводнями. Токсиканти включаються в геохімічні цикли міграції, проникають в тканини живих організмів і починають переміщатися по трофічних ланцюгах. При дослідженні газової складової звалищ виявлено понад 100 компонентів. Встановлено присутність в біогазі важких (в тому числі ароматичних) вуглеводнів, хлорованих вуглеводнів, спиртів, ефірів та інших летких органічних речовин. Припускають, що основна частина вуглевідрядив і хлоруглеводородов має синтетичне походження, а їх присутність в біогазі є наслідком випаровування різних видів палива і розчинників і протікають в тілі звалища хімічних реакцій (деструкції виробів з гуми та інших синтетичних матеріалів). Біогаз представляє собою унікальну щодо компонентного складу газову суміш, що немає аналогів серед газових сумішей, утворених природними біокосними і геологічними тілами [12].

Біохімічні процеси, що відбуваються у масі ТПВ і супроводжують зволоження відходів атмосферними опадами, призводять до складних перетворень речовини з утворенням рідкої фази, що має назву фільтрат. Фільтрат містить численні компоненти розпаду органічних і мінеральних речовин, сполуки важких металів та ряду інших токсичних речовин, які

практично ні на одному зі сміттєзвалищ не знешкоджуються, а інфільтруються у ґрунт і потрапляють у ґрунтові води, а звідти забруднення прямує до водного об'єкта прилеглої до полігону ТПВ території і як наслідок є фактором екологічної небезпеки та еколого-гігієнічного ризику.

Вкрай гостро стоїть проблема антропогенного навантаження в системі «ТПВ – навколишнє середовище – здоров'я населення» та приведення полігонів ТПВ в екологічно безпечний стан. Токсичність фільтрату не зменшується навіть у випадку розведення його в 100 разів. Тому, по-перше, обов'язково повинна бути облаштована система збору фільтрату і, по-друге, фільтрат повинен піддаватись повному очищенню, при чому система збирання й видалення фільтрату повинна функціонувати від початку роботи полігону ТПВ, а також після його закриття. На сьогоднішній день існує певний комплекс технологій очищення та знешкодження фільтратів полігонів ТПВ, які відрізняються між собою ступенями очищення, способами очищення, що дозволяє використовувати їх або в комплексі, або ізольовано залежно від потреб того або іншого полігону ТПВ [11].

Окрім того, що місця захоронення ТПВ є джерелами забруднення НПС, вони також займають корисні землі. За даними на 1989 рік, міські звалища займали понад 700 тис. га поверхні планети. Щорічно відчужується під них площа збільшувалася на 15 тис. га. Виходячи з цих даних, до 2010 року площа, займана звалищами на Землі, повинна скласти 1015 тис. га, а площа відчуженої території – 10150 тис. га. За деякими оцінками, площа території, на якій відчувається вплив полігону, приблизно в 10 разів перевищує площу, яку займає полігон. Ці території називають зонами екологічного лиха.

Полігони і звалища ТПВ представляють собою техногенно змінені екосистеми, самовідновлення яких в доступному для огляду майбутньому неможливо. У зону впливу тіла полігону (звалища) потрапляє геологічне середовище, підземні води, повітряне середовище, а також поверхневі води, донні відкладення, ґрунтовий і рослинний покрив прилеглих територій. Під забруднення попадають як суміжні екосистеми, так і екосистеми, що

знаходяться на великих відстанях від полігону, завдяки міграції шкідливих речовин з природними водами і повітряними масами, про що свідчать дослідження [9, 12]. Захоронення відходів призводить до зміни всіх структурних компонентів природної екосистеми: різко змінюється склад неорганічних та органічних речовин, які включаються в біологічний круговорот; продукти трансформації відходів змінюють хімічний склад водного, повітряного і ґрунтового середовищ; змінюється видовий склад продуцентів, консументів і редуцентів; змінюються елементи рельєфу місцевості. Тривалість протікання процесів розкладання органівмісних відходів на полігонах ТПВ складає від 20 до 100 років. Складування і захоронення відходів призводить до концентрування хімічних речовин у навколишньому середовищі і формування дрібноконтурних поліелементних геохімічних аномалій [12].

2 КОМПЛЕКСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ ПІД ЗАХОРОНЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Взаємодія антропогенних і природних компонентів в природно-технічних системах (ПТС) призводить до формування певного стану НПС, що описується як екологічна ситуація або обстановка в межах певної території. Проблема відходів є одним з факторів формування екологічної ситуації, однак може бути виділена і розглянута більш детально. В основі комплексних досліджень лежить модель формування екологічної ситуації [13].

В даний час найбільш використовуваними є: модель, запропонована Організацією економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) - PSR-модель [14], і DPSIR-модель [15], запропонована Європейським агентством з навколишнього середовища. PSR-модель розглядає три блоки факторів (які виступають в ролі індикаторів): вплив - стан - реакція. DPSIR-модель включає п'ять блоків: джерело (рушійна сила) впливу - навантаження - стан - вплив - реакція. Для комплексної оцінки екологічної ситуації достатньо PSR-моделі. У разі вивчення екологічних аспектів проблеми відходів можна використовувати DPSIR-модель, яка дозволяє розділити фактори впливу та їх наслідки для НПС і людини. Це дозволяє більш комплексно досліджувати проблему відходів, на основі чого підвищується ефективність управління.

При комплексному дослідженні екологічних аспектів проблеми відходів в якості об'єкту дослідження слід брати ПТС регіонального і локального рівня територіальної організації (в т.ч. і природокористування) - адміністративно-територіальний район або їх сукупність, урбанізована територія. Оскільки саме на регіональному (мікро- і мезорегіонального) і локальному рівні територіальної організації найкращим чином простежується система зв'язків, починаючи від утворення відходу і до розміщення його в довкіллі. На цьому рівні можна сформувати стійку модель

природокористування та управління природокористуванням і екологічною ситуацією в цілому.

Перевагою реалізації DPSIR-моделі для моделювання екологічної ситуації, яка формується під впливом утворення і поводження з відходами, є можливість розгляду як першопричини (Рушійна сила), так і вторинних ефектів, що виникають у соціально-економічних і екологічних системах (Вплив). Поділ факторів з блоку «Вплив» на дві складові дозволяє найбільш повно представити можливості реакції суб'єктів управління екологічною ситуацією відповідно до Міжнародної ієрархії методів поводження з відходами. Так, змінюючи умови виробництва і споживання, а також використовуючи частину відходів як вторинні матеріальні ресурси (ВМР), ми знижуємо вплив або навантаження на НПС. Важливим зв'язком між блоком «Реакція» і іншими блоками системи є інформація, на підставі якої і формується реакція на ситуацію у вигляді різних рішень, ефективність яких, знову-таки, оцінюється на підставі інформації. Таким чином відбувається розвиток системи. А поточний, статичний стан системи можна розглядати як модель природокористування при поводженні з відходами, яка, втім, може бути змінена. Чим сильніше виражені прямі зв'язки (у напрямку від «Рушійною сили» до «Впливу») і слабкіше проявляються зворотні зв'язки (від блоку «Реакція»), тим більш нерівно важною є система, а модель природокористування не є раціональною [13].

Комплексні екологічні дослідження проблеми відходів на основі DPSIR-моделі мають на увазі складання характеристик кожного з блоків. До слова, PSR-модель і DPSIR-модель склалися для розробки набору індикаторів, що дозволяють охарактеризувати систему і її компоненти. Індикатор - це параметр або характеристика, на підставі якої можна судити про стан або зміну певного явища або процесу вищого рівня [16].

В якості екоіндикатора вибирається параметр або характеристика, що співвідносяться з певним компонентом структури моделі. При цьому важливим є можливість отримання даних, які виступають індикатором

компонента і їх універсальність (тобто єдність методичної та натурної бази визначення для різних об'єктів). Відповідно до моделі формування екологічної ситуації під впливом відходів, система комплексного екологічного дослідження має на увазі розробку наборів екоіндикаторів по п'яти блоках: джерело (рушійна сила) впливу - навантаження - стан - вплив - реакція. Розглянемо наступні блоки екоіндикаторів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Групи екоіндикаторів для дослідження проблеми відходів [13]

Назва групи		Опис
Індикатори антропогенного навантаження	Індикатори джерел відходів	характеризують промислове виробництво і споживання в контексті проблеми відходів
	Індикатори техногенного навантаження	описують об'єкти розміщення відходів (зберігання і захоронення), об'єкти утилізації відходів і їх взаємодія з НПС
Індикатори стану довкілля	Індикатори змін стану НПС (якості або забруднення)	оцінюють рівень забруднення НПС і потоки забруднюючих речовин, а також зміни фізичних полів
	Індикатори впливу змін в НПС	оцінюють екологічні наслідки зміни стану НПС, погіршення здоров'я і умов проживання населення
Індикатори реакції суб'єктів управління екологічною ситуацією		описують комплекс адміністративних, еколого-економічних, природоохоронних і т.п. рішень, за допомогою яких здійснюється управління ситуацією

Таким чином, комплексні екологічні дослідження проблеми відходів включають в себе розгляд моделі системи і її компонентну декомпозицію. Кожен компонент системи може бути описаний екоіндикатором(-ми). Розроблені набори екоіндикаторів повинні найбільш повно охарактеризувати систему, бути універсальними і логічно обґрунтованими. У разі дослідження

проблеми відходів на регіональному рівні зручно розділити набори екоіндикаторів для промислових і побутових відходів [13].

Далі необхідно скласти характеристику кожного з екоіндикаторів, на підставі чого можливий перехід до кількісних оцінок (рангу пріоритетності). У роботі [16] пропонується наступна система визначення рангу пріоритетності індикатора для групи індикаторів стану НПС, значення якого змінюються від 0 до 5 по мірі посилення забруднення природного компонента, а також прояви негативних змін в НПС (рангу пріоритетності 5 відповідають найгірші умови).

Для прикладу наведемо деякі показники, що можна розглядати в якості екоіндикаторів (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Набір екоіндикаторів для характеристики стану НПС внаслідок розміщення відходів

Індикатори змін стану НПС (якості або забруднення)	Індикатори впливу змін в ОПС
Рівень забруднення НПС (покомпонентно). Емісія біогазу та / або інших продуктів деструкції відходів. Візуальне забруднення. Зміна фізичних полів. Вилучення земель.	Зниження природно-ресурсного та рекреаційного потенціалу території. Зміни в біорізноманіття. Деградація природних ландшафтів. Погіршення умов проживання населення. Погіршення здоров'я населення.

2.1 Розробка набору індикаторів для характеристики ситуації з твердими побутовими відходами на регіональному рівні [17, 18]

Для вирішення завдання оцінки ситуації, що склалася з ТПВ, необхідно розробити набір показників, ґрунтуючись, по-перше, на офіційній інформації. По-друге, показники мають враховувати фактичну ситуацію з відходами. Для використання набору показників з метою порівняння територій за ситуацією з відходами, необхідно користуватися єдиною системою показників. Окремі

показники можуть виступати в ролі екологічних індикаторів – це параметр або характеристика, на основі якої можна оцінити зміни або процеси більш високого рівня.

Розробка набору індикаторів ситуації із захороненням ТПВ має ґрунтуватися на принципах універсальності та співставності наявної інформації. Тому вихідними показниками для розробки набору індикаторів мають бути масиви офіційної статистичної інформації, наприклад, дані Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України (Мінрегіон) або Державної служби статистики.

Сформуємо базу даних з ТПВ по регіонах України за даними Мінрегіону. Виділимо три блоки показників.

- 1) Блок 1 «Дані про утворення та захоронення ТПВ».
 - 1.1 Обсяги збирання ТПВ (м^3 , т);
 - 1.2 Обсяги захоронення: всього і за поточний рік (м^3 , т);
 - 1.3 Норма надання послуг з вивезення ТПВ.
- 2) Блок 2 «Дані про місця захоронення ТПВ».
 - 2.1 Загальна кількість місць захоронення;
 - 2.2 Загальна площа місць захоронення;
 - 2.3 Перевантажені полігони (2.3.1 – кількість; 2.3.2 – площа)
 - 2.4 Полігони, які не відповідають нормам екологічної безпеки: (2.4.1 – кількість, 2.4.2 – площа);
 - 2.5 Потреба у нових полігонах (2.5.1 – кількість, 2.5.2 – площа);
 - 2.6 Закриті звалища (2.6.1 – кількість, 2.6.2 – площа);
 - 2.7 Несанкціоновані звалища (2.7.1 – кількість, 2.7.2 – площа; 2.7.3 – обсяги захоронених відходів).
- 3) Блок 3 «Дані про послуги з вивезення та захоронення ТПВ»
 - 3.1 Охоплення населення послугами з вивезення ТПВ, %;
 - 3.2 Середній затверджений тариф на поводження з відходами (грн./м^3);
 - 3.3 Середній затверджений тариф на захоронення ТПВ (грн./м^3).

Це основні дані, на основі яких можна сформувати набори індикаторів. Для цього слід перейти до питомих або похідних показників, які дозволять отримати нову характеристику ситуації та провести міжрегіональні порівняння.

На основі даних Мінрегіону [1] сформуємо набори індикаторів для характеристики ситуації із захороненням ТПВ на національному і регіональному рівнях. Представлені індикатори є похідними від простих показників з баз даних, представлених Мінрегіоном.

Блок індикаторів утворення та захоронення ТПВ: а) частка захоронених у поточному році відходів у загальному обсязі (масі) захоронених відходів; б) питоме збирання ТПВ (м^3 або в т на 1 людину); в) питоме захоронення ТПВ (м^3 або в т на 1 людину); г) модуль навантаження ТПВ – маса захоронених ТПВ на 1 км^2 площі, у т.ч. на несанкціонованих звалищах; д) питоме захоронення ТПВ на несанкціонованих звалищах.

Блок індикаторів місць захоронення ТПВ: а) частка площі регіону, зайнята місцями захоронення ТПВ; б) питома кількість місць захоронення на 100 тис. населення; в) середня площа одного полігону; г) частка полігонів, що не відповідають нормам (перевантажені, не паспортизовані тощо); д) відносна кількість несанкціонованих звалищ; е) відносна площа несанкціонованих звалищ до площі місць захоронення (у %); є) динаміка зміни загальної площі місць захоронення; ж) динаміка зміни загальної кількості місць захоронення.

Блок соціально-економічних показників захоронення ТПВ: а) охоплення населення послугами зі збирання ТПВ; б) середній тариф на захоронення; в) питома вага тарифу на захоронення у загальному тарифі на поводження з ТПВ для населення.

2.2 Районування території за використанням земель під захоронення відходів

Ефективним інструментом для оцінки ситуації з ТПВ в регіоні є еколого-географічний аналіз ситуації з захороненням ТПВ, тобто з використанням земель під поховання відходів. Така характеристика є індикатором антропогенного навантаження на ОПВ. Як варіант еколого-географічного аналізу, розглянемо районування території окремого регіону або області по використанню земель для захоронення відходів. Це дозволяє, по-перше, дослідити ситуацію і зробити міжрайонні зіставлення, а, по-друге, провести групування районів за схожими ознаками. Все це є необхідною умовою для розробки ефективної стратегії управління та поводження з ТПВ, оскільки дозволяє науково обґрунтовано оптимізувати навантаження, яка створюється місцями захоронення відходів [6].

Під районуванням території за ситуацією з використанням земель для видалення ТПВ ми розуміємо поділ території на окремі частини шляхом обґрунтованого об'єднання територіальних одиниць у групи, кожна з яких має певну специфіку, що притаманна окремим її складовим [19].

Таким чином, завдання районування території за використанню земель під захоронення ТПВ зводиться до наступних етапів:

- 1) формування масиву вихідної інформації у вигляді матриці значень, кожен рядок якої представляє набір вихідних показників для певної територіальної одиниці, а кожен стовпець - набір значень певного показника;
- 2) аналіз вихідних даних, виявлення «викидів»;
- 3) районування території на основі різних методів [6].

На першому етапі визначаються територіальні одиниці та формується масив вихідної інформації для районування у вигляді матриці, кожний рядок якої – це набір показників, що характеризують певну територіальну одиницю. Наприклад, у роботі [19] сформований масив даних з використання земель для видалення ТПВ, що нараховує дев'ять показників:

1) кількість звалищ станом на певну дату; 2) площа, яка зайнята під ТПВ станом на певну дату; 3) проектна площа полігонів ТПВ; 4) проектна маса відходів, що будуть розміщені на полігонах (звалищах); 5) частка площі району, зайнята місцями видалення відходів, %; 6) кількість полігонів (звалищ) у перерахунку на 1 тис. мешканців; 7) динаміка зміни середньої площі одного полігону (звалища) за певний; 8) середня площа одного полігону (звалища); 9) щільність місць захоронення ТПВ, тобто їх кількість на одиницю площі району.

Розглянемо, наприклад, такий показник, як середня площа одного полігону. Це єдиний показник з переліку, збільшення/зменшення значення якого не можна охарактеризувати як посилення/послаблення негативного впливу. Наприклад, великі значення середньої площі одного полігону вказують на те, що у межах певної територіальної одиниці їх мало, але вони значні за площею. Зробити однозначний висновок про те, що така ситуація гірша за іншу, коли звалищ багато, але вони малі за площею, не можна. До того ж, відомо, що перспективними з точки зору отримання біогазу є саме великі місця захоронення відходів. Це означає, що територіальні одиниці з найбільшою середньою площею одного полігону (звалища) повинні розглядатися у першу чергу при вирішенні питання про використання біогазового потенціалу регіону [18, 19]. Отже, з переліку показників, за якими проводимо районування, середню площу одного полігону (звалища) необхідно виключити та розглядати окремо. Також з переліку показників районування можна виключити щільність місць захоронення ТПВ, оскільки його зміст є тотожним до показника кількості полігонів (звалищ) у перерахунку на 1 тис. мешканців.

Набір показників для районування може бути розширений.

В якості методів районування розглянемо кластерний аналіз і метод зважених балів, які широко застосовуються в географії.

2.2.1 Метод зважених балів

Метод зважених балів дозволяє охарактеризувати певний об'єкт чи територію за групою ознак, що представлені різними величинами або мають якісне наповнення, коли безпосереднє переведення часткових ознак у комплексний показник неможливе. Суть методу зважених балів полягає у переводі показників по певних об'єктах у часткові бали, за допомогою яких знаходять комплексний бал, в якому зважено враховуються бальні оцінки показників [20].

Представимо алгоритм методу зважених балів для вирішення завдання районування території України за використанням земель для видалення ТПВ.

На другому етапі масив показників у абсолютних величинах трансформують у прості оціночні бали за допомогою розробленої шкали оцінювання, яка переважно є рівномірною та охоплює усі значення показника, оскільки розробляється на їх основі. Шкалу з певними значеннями можна застосовувати у тому випадку, коли вже є розроблена система класифікації значень показника – наприклад, класи якості за показником індексу забруднення води [19].

Алгоритм складання шкали для бальної оцінки складається з таких етапів. По-перше, визначається кількість балів i , відповідно, кількість градацій значень показника. Для визначення кількості градацій (k) можна скористатися таким виразом [20]:

$$k \leq 5 \lg n, \quad (2.1)$$

де n – кількість значень показника (в нашому випадку – кількість територіальних одиниць).

Далі визначається амплітуда коливання значень показника $A = X_{\max} - X_{\min}$ та інтервал або крок для розрахунку діапазону значень

показника у кожній градації $h = \frac{A}{k}$, з використанням якого складається шкала для визначення балів в залежності від значень показника.

Необхідно зауважити, що у випадку використання рівномірної шкали, розробленої на основі значень показника, постає питання однорідності рядів даних. Наявність екстремальних значень показника («викидів») суттєво впливає на розподіл значень показників по градаціях. На нашу думку, доцільно перевіряти ряди даних на однорідність, а «викиди» включати в розподіл значень у першу та останню градацію, і, відповідно, оцінювати мінімальним та максимальним значенням балу. В цьому випадку маємо справу з нерівномірною шкалою розподілу значень показника. Для визначення «викидів» можна скористатися, наприклад, правилом 3σ або вилучати «викиди», поки коефіцієнт варіації не стане меншим за 33% [19].

Отже, при розробці шкал розподілу значень показників, що характеризують використання території під місця видалення відходів, скористалися трьома способами: побудова рівномірної шкали значень показника, перевірка на однорідність та віднесення «викидів» до першої та останньої градації, «примусове» групування даних, виходячи з їх якісного наповнення.

На третьому етапі для i -ої територіальної одиниці розраховується комплексний або зважений бал (B_i) за формулою (2.2)

$$B_i = \sum_{j=1}^m B_{ij} \cdot K_j, \quad (2.2)$$

де B_{ij} – прості оціночні бали по окремих показниках районування;

K_j – ваговий коефіцієнт j -го показників районування.

Районування території за методом зважених балів передбачає визначення «ваги» кожного фактора, що формує інтегральний бальний показник. Для цього використовують вагові коефіцієнти, суть яких полягає у

відображенні важливості окремого фактора серед інших показників. В посібнику [20] пропонується визначати вагові коефіцієнти одним з двох методів: за допомогою коефіцієнтів парної кореляції або експертним оцінюванням. Визначення вагових коефіцієнтів з використанням коефіцієнтів парної кореляції проводиться у два способи: за умови вибору домінантного фактора та за допомогою визначення додаткового показника, що є спільним для усіх районів. У випадку роботи з показниками, що характеризують місця видалення відходів, визначення додаткової ознаки, спільної для всіх районів, не представляється можливим. А спроба знайти вагові коефіцієнти за допомогою коефіцієнтів парної кореляції виявилася невдалою через відсутність зв'язку між окремими показниками. Тому скористаємося іншим методом – експертним оцінюванням.

Отже, для визначення вагових коефіцієнтів показників, що характеризують місця розміщення відходів, використаємо метод присвоювання балів з такими вихідними умовами [19]: важливість показника змінюється від 1 до 10 по мірі збільшення важливості; різні показники можна оцінювати однаковими балами; кількість експертів склала вісім осіб.

Отримані результати оцінювання за кожним із показників нормують на суму балів, що проставлені експертом, а отримані оцінки підлягають подальшій обробці з визначенням ваги кожного показника, причому отримані значення вагових коефіцієнтів змінюються від 0 до 1, а $\sum_{j=1}^m K_j = 1$.

2.2.2 Використання кластерного аналізу для районування

Кластерний аналіз відноситься до методом багатовимірною статистичного аналізу і полягає в групуванні елементів за схожими ознаками. Кластеризація (або кластерний аналіз) – це процес розділення набору даних (чи об'єктів) у набір значущих підкласів, що називаються кластерами.

Кластери допомагають користувачам зрозуміти природне групування чи структуру в наборі даних [21].

Процедура кластерного аналізу належить до базових методів математичної обробки даних, коли кожен об'єкт потрапляє до певної групи на підставі аналізу його ознак у багатовимірному, евклідовому просторі [20]. Кластерний аналіз належить до значної кількості статистичних та моделюючих програмних систем, таких як STATISTICA, MatLab тощо. У більшості сучасних геоінформаційних пакетів процедури певної кластеризації (класифікації) об'єктів також наявні. Проте кожен з програмних продуктів має свої обмеження [21].

Основним критерієм зарахування об'єктів до тієї чи іншої групи, тобто проведення кластеризації, є у певний спосіб подання та вимірюна «відстань» між об'єктами [20].

Кластеризацію використовують, коли відсутні апріорні відомості щодо класів, до яких можна віднести об'єкти досліджуваного набору даних, або коли кількість об'єктів настільки велика, що ручний аналіз реально неможливий.

Об'єкти в кожному кластері повинні бути схожі один на одного більше, ніж на об'єкти інших класів, і відрізнятися від об'єктів інших кластерів сильніше, ніж від об'єктів власного класу. Кластерний аналіз просторового розподілу об'єктів дозволяє скорочувати розмірність даних, робити її наочною.

Таким чином, кожного разу, коли потрібно класифікувати велику кількість інформації на придатні для подальшої обробки групи, кластерний аналіз виявляється вельми корисним і ефективним. Основне завдання кластерного аналізу – формування однорідних груп у багатовимірному просторі [20-22].

Кластерний аналіз має низку переваг перед іншими методами класифікації даних. По-перше, він дозволяє виконувати розбивку об'єктів як за однією ознакою, так і за цілим набором ознак. Причому вплив кожного з

параметрів може бути доволі просто підсилений або послаблений шляхом внесення в математичні формули відповідних коефіцієнтів. По-друге, кластерний аналіз не накладає обмежень на вид об'єктів групування і дозволяє розглядати безліч вихідних даних практично довільної природи. По-третє, особливістю кластеризації є те, що більшість алгоритмів здатні самотійно визначити кількість кластерів, на які потрібно розбити дані, а також виділити характеристики цих кластерів без участі людини, тільки за допомогою використовуваного алгоритму.

Кластеризацію територіальних одиниць за комплексними групами показників вже багато років використовують для типізації території та моделювання системутворюючих зв'язків в економіці, суспільній географії та інших науках. Кластерний аналіз регіонів України за особливостями утворення та накопичення відходів дає змогу прогнозувати найбільші екологічні небезпеки, пов'язані з цим.

Кластерний аналіз неодноразово використовувався для вирішення завдань районування території за різними ознаками. Наприклад, результати районування території Одеської та Вінницької областей за набором показників, що описують захоронення ТПВ, представлені в роботах [23, 24]. В сучасних умовах валового збору ТПВ без відокремлення та утилізації окремих компонентів актуальною є проблема створення нових місць видалення відходів. Основою для обґрунтування вибору нових місць для захоронення ТПВ може стати диференціація районів області за використанням земель для захоронення відходів.

Кластерний аналіз у суспільно-географічному районуванні вже має позитивний досвід використання. Наприклад, для районування за рівнем природно-техногенної безпеки цей метод підходить навіть в більшій мірі, оскільки основним принципом даного виду районування є однорідність території за рівнем безпеки та подібність характеру загроз [25].

Використання методу зважених балів для вирішення завдання районування території за використанням земель для видалення відходів є доцільним та має певні переваги, наприклад, перед кластерним аналізом.

По-перше, це можливість проробити алгоритм та внести корективи залежно від якісного наповнення, наприклад вибрати розподіл показника по градаціям.

По-друге, в якості значень показників можна використовувати якісну характеристику, яку можна оцінювати балами. Але ці переваги є причиною привнесення у алгоритм елементів суб'єктивізму, що є недоліком методу.

Представлений набір показників для районування території за використанням земель для видалення відходів може бути доповнений іншими, а самі показники можуть використовуватися в окремих дослідженнях та виступати у ролі екоіндикаторів для оцінки стану проблеми захоронення відходів. Комплексний бал B_i можна розглядати як екоіндикатор використання земель під захоронення ТПВ. В подальшому на його основі можна розробити показник антропогенного навантаження на земельні ресурси, що створюється місцями видалення ТПВ [19].

Особливістю кластерного аналізу є формування груп зі специфічним набором характеристик. Так, група може характеризуватися низькими значеннями одного показника (наприклад, площею під ТПВ), але високими значеннями іншого показника (наприклад, динамікою зміни середньої площі). В цьому випадку необхідно аналізувати якісне наповнення, яке формується при таких значеннях показників всередині кластера.

Порівняльний аналіз методів районування території по використанню земель під захоронення відходів представлений в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Порівняння методів районування: кластерний аналіз та метод зважених балів [6]

Критерії для порівняння	Кластерний аналіз	Метод зважених балів
Можливості використання вихідних даних	без обмежень	з розробленими шкалами
Кількість груп	обмежена і визначається за статистичними показниками	обмежено об'ємом вибірки ($k \leq 5 \lg n$)
Особливості формування груп	близькі значення показників для об'єктів, що входять в групу, але можуть відрізнятися позиції показників щодо середнього значення по всій вибірці	групи формуються за зваженим балом, значить, характеризуються спільністю значень показників і їх позицією в розподілі по вибірці

3 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ, ЯКІ ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ УТВОРЕННЯ ТА ЗАХОРОНЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В РЕГІОНАХ УКРАЇНИ

Сформуємо базу даних з ТПВ по регіонах України за даними Мінрегіону [1] та проаналізуємо значення вибраних показників (підрозділ 2.1). Національний рівень – це значення показників для України (сумарне або середнє значення).

3.1 Аналіз даних про утворення та захоронення твердих побутових відходів

Проаналізуємо сформований масив даних за блоком 1 з виділенням максимальних, мінімальних та середніх значень показників (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Аналіз даних про утворення та захоронення ТПВ по регіонах України за 2018 рік

Значення показників	Обсяги збирання ТПВ за 2018 рік		Обсяги захоронення, всього		Норма надання послуг з вивезення ТПВ, м ³ /люди
	м ³	т	м ³	т	
Максимальне	6097572,4 (Одеська обл.)	777064,69 (Дніпропетровська обл.)	577193039,4 (Львівська обл.)	44320887,2 (Київська обл.)	2,92 (Одеса)
Мінімальне	620456,09 (Луганська обл.)	32590,074 (Чернівецька обл.)	10470806,26 (Чернівецька обл.)	974802,73 (Чернівецька обл.)	1,40 (Чернігів)
Національний рівень	53788662,121	9077004,506	1380193954	227435804,206	2,15

Логічно, що найбільші обсяги збирання та захоронення характерні для найбільших за площею регіонів України – Одеська, Дніпропетровська

область. Найменші значення – для найменших територій Чернівецької та частини Луганської областей.

Для аналізу норм надання послуг з вивезення ТПВ використані дані за різні роки, прийняті для обласних центрів України. Середня норма утворення склала $2,15 \text{ м}^3/\text{люд.}$ за рік. Результати зображені на рис. 3.1.

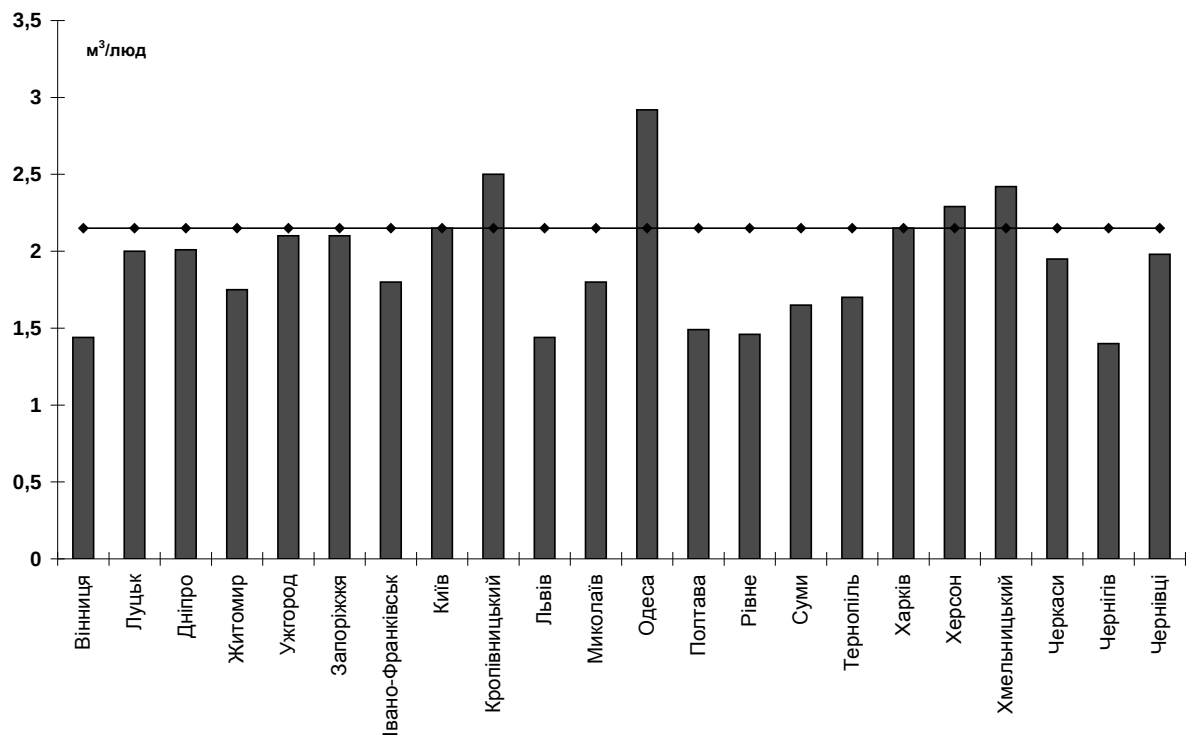


Рисунок 3.1 – Норми надання послуг з вивезення ТПВ для обласних центрів України (за різні роки).

Очевидно, що норма утворення ТПВ є одним з ключових параметрів, що має враховуватися при аналізі ситуації з ТПВ на регіональному рівні. Як бачимо, є значні відмінності від середнього значення, наприклад, Чернігів (мінімальне значення) та Одеса (максимальне значення) [17].

Для оцінки мінливості значень показника нами був обраний коефіцієнт варіації (C_x), що дозволяє оцінити ступінь розкиду даних щодо середнього значення:

$$C_v = \frac{S_x}{\bar{x}} \cdot 100\% , \quad (3.1)$$

де S_x – середньоквадратичне відхилення; $\bar{x}$ – середнє значення.

Коефіцієнт варіації норм надання послуг з вивезення ТПВ склав 0,202, що дозволяє зробити висновок щодо варіабельності вибірки даних.

3.2 Аналіз даних про місця захоронення твердих побутових відходів

Проаналізуємо сформований масив даних за блоком показників 2 з виділенням максимальних, мінімальних та середніх значень показників (табл. 3.2). Аналіз даних табл. 3.2 дозволяє зробити висновок, що найбільша кількість та площа полігонів і звалищ, а також потреба у нових місцях для захоронення ТПВ характерна для крупних регіонів України, а найменша – для невеликих за площею. Решта показників – перевантажені полігони, ті, що не відповідають нормам екологічної безпеки, закриті звалища – залежить від якості інформації, що надається регіонами України. Майже вся кількість (98%) виявлених несанкціонованих сміттєзвалищ ліквідована протягом 2018 р., за винятком Донецької (91%), Запорізької (97%), Кіровоградської (96%), Львівської (73%), Полтавської (31%) та Харківської (99%) областей.

Таблиця 3.2 – Аналіз даних про місця захоронення ТПВ (станом на 2018 рік)

Значення показників	Загальна кількість місць захоронення	Загальна площа місць захоронення, га	Перевантажені полігони		Полігони, які не відповідають нормам екологічної безпеки	
			кількість	площа, га	кількість	площа, га
Максимальне	767 (Житомирська обл.)	1040,32 (Одеська обл.)	58 (Одеська обл.)	266,62 (Сумська обл.)	233 (Полтавська обл.)	294,07 (Одеська обл.)
Мінімальне	16 (Івано-Франківська обл.)	83,446 (Луганська обл.)	0 (Луганська обл.)	0 (Луганська обл.)	0 (Вінницька, Волинська, Рівненська, Херсонська, Хмельницька, Чернівецька обл.)	0 (Вінницька, Волинська, Рівненська, Херсонська, Хмельницька, Чернівецька обл.)
Національний рівень	6107	9172,436	256	765,515	984	1753,054

(продовження табл. 3.2)

Значення показників	Потреба у нових полігонах		Закриті звалища		Несанкціоновані звалища	
	кількість	площа, га	кількість	площа, га	кількість	площа, га
Максимальне	55 (Дніпропетровська обл.)	200,89 (Дніпропетровська обл.)	71 (Закарпатська обл.)	102,1 (Львівська обл.)	2575 (Київська обл.)	161 (Київська обл.)
Мінімальне	2 (Херсонська обл.)	22,4 (Чернівецька обл.)	0 (Херсонська, Хмельницька обл.)	0 (Херсонська, Хмельницька обл.)	154 (Львівська обл.)	0,745 (Черкаська обл.)
Національний рівень	421	1572,1	324	626,097	26610	746,879

Представимо дані щодо загальної кількості полігонів та сміттєзвалищ, а також обсягів захоронених ТПВ по регіонах України за 2018 р. у вигляді карти-схеми (рис. 3.2). Найбільша кількість полігонів та сміттєзвалищ характерна для Житомирської області (767 або 12,6% від загальної кількості по Україні). Найбільшу площу місця захоронення займають в Одеській області – 1040,32 га або 11,3% від загальної площі усіх полігонів. Найбільший обсяг ТПВ захоронений у Львівській області – 577,193 млн. м³ або 41,8% від загального обсягу захоронених ТПВ в Україні. Найменша площа та кількість полігонів та сміттєзвалищ у Івано-Франківській області 75,8 га (0,82%) та 16 (0,26%) відповідно. Найменший обсяг захоронених ТПВ накопичений у Чернівецькій області – 10,471 млн. м³ (0,76%).

Представимо дані щодо несанкціонованих сміттєзвалищ по регіонах України за 2018 р. у вигляді карти-схеми: кількість та площа сміттєзвалищ, орієнтовний обсяг захоронених на них ТПВ (рис. 3.3.). На карті-схемі також зазначені регіони, де відсоток ліквідованих несанкціонованих сміттєзвалищ склав менше 100.

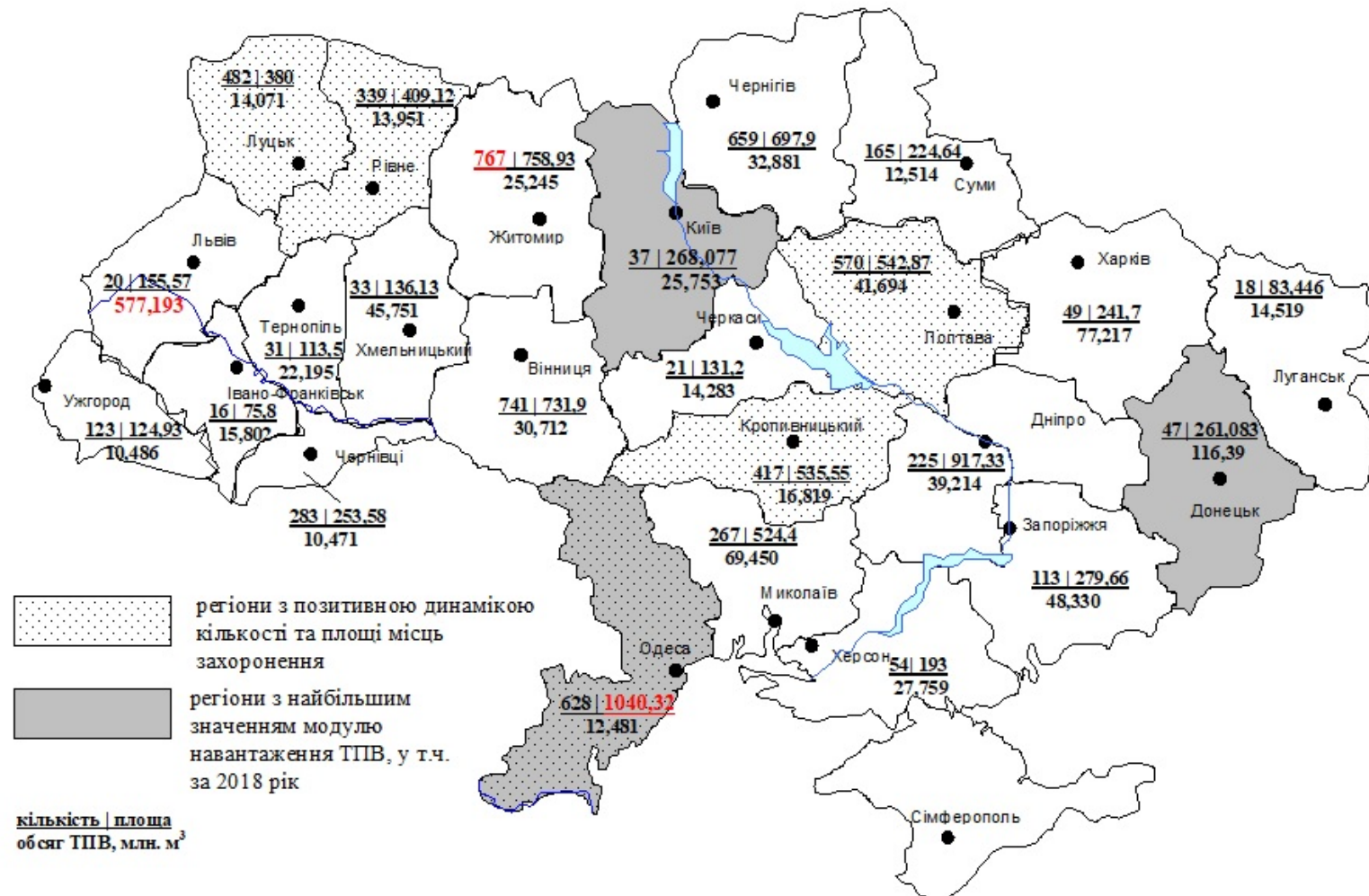
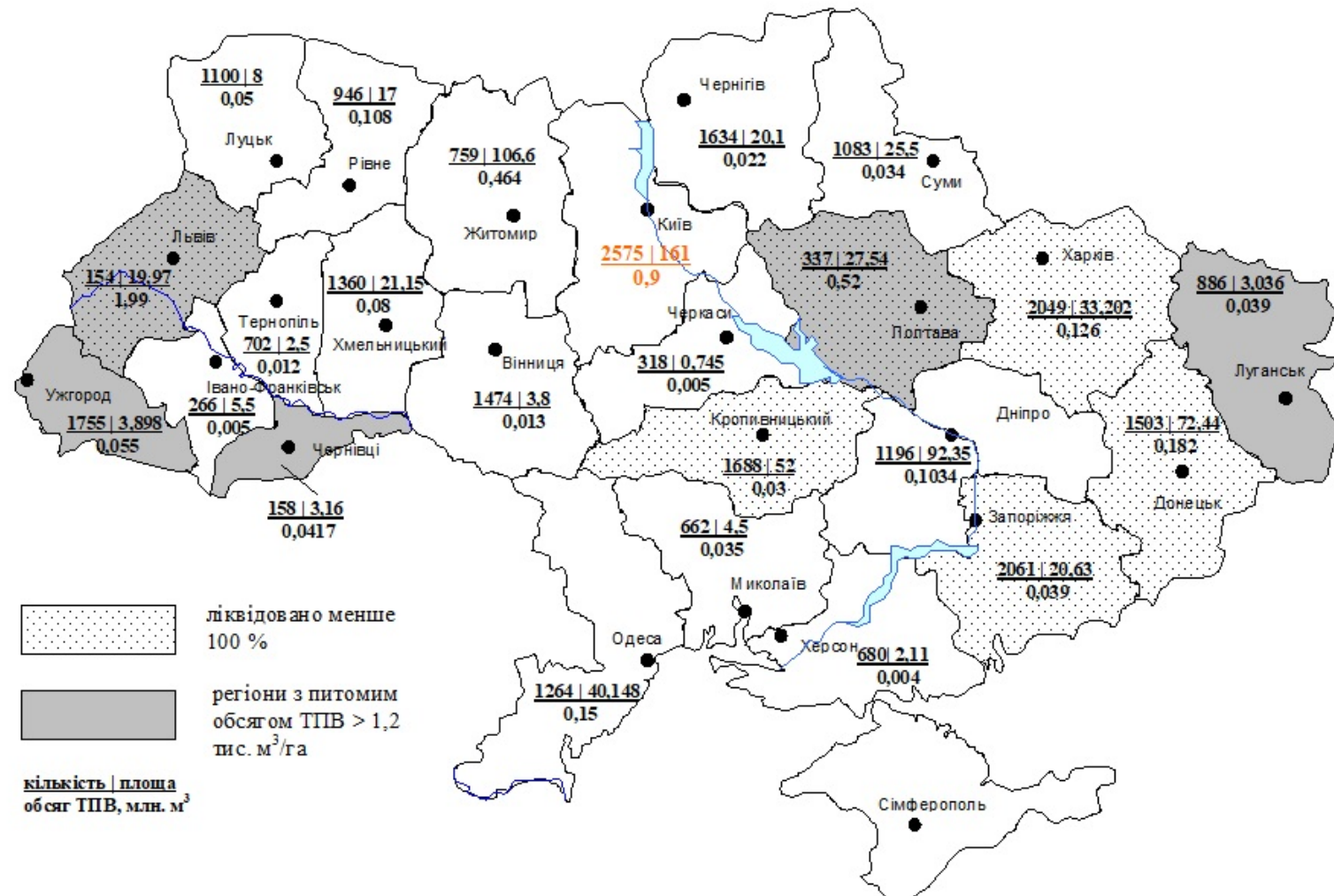


Рисунок 3.2 – Дані щодо полігонів та сміттєзвалищ по регіонах України за 2018 р.
(складено автором на основі даних Мінрегіону)



3.3 Аналіз даних про послуги з вивезення та захоронення твердих побутових відходів

Проаналізуємо сформований масив даних за блоком показників 3 з виділенням максимальних, мінімальних та середніх значень показників (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Аналіз даних про послуги з вивезення та захоронення ТПВ по регіонах України за 2018 рік

Значення показників	Охоплення населення послугами з вивезення ТПВ, %	Середній затверджений тариф на поводження з відходами (грн./м ³)	
		всього	на захоронення
Максимальне	95 (Миколаївська обл.)	138 (Херсонська обл.)	61,28 (Харківська обл.)
Мінімальне	61 (Волинська обл.)	52,4 (Житомирська обл.)	6,54 (Чернівецька обл.)
Національний рівень	76,8	87,35	26,96

Як бачимо з табл. 3.3, представлені показники достатньо варіабельні по регіонах України.

На основі сформованого масиву даних про утворення і захоронення ТПВ, розрахуємо наведені вище індикатори (підрозділ 2.1) для регіонів України. При розрахунках показників для Донецької і Луганської областей враховувати площі цих областей за винятком тимчасово окупованих територій. Результати представлені в підрозділі 3.4.

3.4 Визначення і аналіз значень індикаторів утворення і захоронення твердих побутових відходів в регіонах України за 2018 рік

Результати розрахунку індикаторів по трьох блоках показників, які наведені у підрозділі 2.1, представлені в табл. 3.4-3.6.

Проаналізуємо блок індикаторів утворення та захоронення ТПВ.

Частка захоронених у 2018 р. ТПВ у загальному обсязі захоронених відходів в середньому склала 3,62%, змінюючись від 0,66% (Львівська область) до 48,85% (Одеська область). Очевидно, що це індикатор, який показує наповненість даних. Припускаємо, що великі значення для Одеської області пов'язані з недообліком захоронення ТПВ за попередні роки. Середнє для України значення індикатора показує, що накопичення існуючого обсягу ТПВ відбувалося протягом щонайменше 28 років.

Питоме збирання ТПВ розраховувалося на основі даних про обсяг та масу зібраних ТПВ за 2018 р. В середньому в Україні на 1 людину припадає 1,28 м³ або 0,17 т зібраних ТПВ. Найбільше значення характерне для Одеської області – 2,56 м³/люд., найменше – для Луганської області – 0,29 м³/люд. Якщо проаналізувати дані у масових одиницях, то найбільше зібраних відходів у Тернопільській області – 0,33 т/люд., найменше – у Дніпропетровській області – 0,14 т/люд.

Питоме захоронення ТПВ розраховувалося на основі даних про обсяг та масу зібраних ТПВ за 2018 р. з урахуванням кількості населення в регіонах. Найбільше значення показника 228,861 м³/люд характерне для Львівської області, найменше – 5,244 м³/люд – для Одеської області. Якщо розглянути такий показник в т/люд., то найбільше значення характерне для Київської області – 25,69 т/люд., найменше – для Чернівецької (1,078 т/люд.).

Таблиця 3.4 – Результати розрахунку індикаторів утворення та захоронення ТПВ

№ з/п	Територіальна одиниця	Частка захоронених у 2018 році відходів у загальному обсязі захоронених відходів, %	Питоме збирання ТПВ		Питоме захоронення ТПВ		Модуль навантаження ТПВ, т/км ²		Питоме захоронення ТПВ на несанкціонованих звалищах, тис. м ³ /га
			м ³ /люд	т/люд	м ³ /люд	т/люд	всього	за 2018	
1	Вінницька	4,34	0,86	0,18	19,683	3,927	231,103	8,980	0,342
2	Волинська	8,26	1,13	0,15	13,591	3,729	191,637	8,518	0,625
3	Дніпропетровська	14,33	1,76	0,14	12,230	2,031	204,056	26,309	0,112
4	Донецька	2,58	0,62	0,20	27,939	6,967	1614,344	48,357	0,251
5	Житомирська	5,33	1,11	0,02	20,689	5,531	226,244	10,086	0,435
6	Закарпатська	11,97	1,00	0,24	8,344	2,601	255,872	23,312	1,411
7	Запорізька	7,23	2,05	0,17	28,332	7,098	445,450	21,415	0,189
8	Івано-Франківська	5,84	0,68	0,18	11,507	2,683	265,075	12,283	0,091
9	Київська	4,75	0,71	0,17	14,567	25,069	1575,518	7,335	0,559
10	Кировоградська	12,09	2,07	0,30	17,787	4,274	164,370	24,820	0,058
11	Луганська	4,29	0,29	0,23	6,747	1,774	199,904	7,638	1,285
12	Львівська	0,66	1,54	0,17	228,861	2,920	337,285	29,678	9,965
13	Миколаївська	1,66	1,27	0,20	61,401	13,060	600,561	9,330	0,778
14	Одеська	48,85	2,56	0,03	5,244	1,311	93,676	45,764	0,374
15	Полтавська	4,23	1,21	0,18	29,772	5,745	279,875	12,182	1,888
16	Рівненська	3,36	0,98	0,17	28,472	6,648	383,768	9,644	0,635
17	Сумська	6,10	0,71	0,26	11,571	0,384	17,425	8,212	0,133
18	Тернопільська	3,44	0,86	0,33	21,221	5,244	396,786	12,166	0,480
19	Харківська	4,84	1,41	0,20	28,860	5,716	486,849	20,914	0,379
20	Херсонська	2,81	0,75	0,25	26,752	7,883	287,418	7,360	0,190
21	Хмельницька	3,47	1,27	0,15	36,175	7,409	453,894	11,723	0,378
22	Черкаська	7,77	0,81	0,20	11,840	2,280	131,617	10,583	0,671
23	Чернівецька	8,07	0,91	0,03	11,578	1,078	120,391	3,161	1,320
24	Чернігівська	3,43	1,09	0,20	32,693	8,042	253,840	7,140	0,109
25	Україна	3,62	1,28	0,17	32,742	5,395	406,406	17,982	0,671

Таблиця 3.5 – Результати розрахунку індикаторів місць захоронення ТПВ

№ з/п	Територіальна одиниця	Частка площі регіону, зайнята місцями захоронення ТПВ, %	Питома кількість місць захоронення, шт./100 тис. населення	Середня площа одного полігону, га	Частка полігонів, що не відповідають нормам, %		Несанкціоновані сміттєзвалища		Динаміка 2013-2018 рр.	
					перевантажені	не відповідають нормам екологічної безпеки	відносна кількість	відносна площа, %	кількість	площа
1	Вінницька	0,0276	47	0,99	3,8	0,0	1,99	0,52	-29	0,00
2	Волинська	0,0189	47	0,79	0,6	0,0	2,28	2,11	457	312,77
3	Дніпропетровська	0,0287	7	4,08	3,1	65,3	5,32	10,07	-68	13,10
4	Донецька	0,0145	1	5,55	2,1	38,3	31,98	27,75	-53	-326,28
5	Житомирська	0,0254	63	0,99	1,0	7,3	0,99	14,05	315	259,43
6	Закарпатська	0,0098	10	1,02	32,5	40,7	14,27	3,12	-45	-58,65
7	Запорізька	0,0103	7	2,47	6,2	38,1	18,24	7,38	21	-53,97
8	Івано-Франківська	0,0055	1	4,74	6,3	12,5	16,63	7,26	-184	-0,48
9	Київська	0,0095	2	7,25	32,4	97,3	69,59	60,06	-351	-361,32
10	Кіровоградська	0,0218	44	1,28	2,4	17,7	4,05	9,71	12	38,31
11	Луганська	0,0044	1	4,64	0,0	72,2	49,22	3,64	-82	-238,15
12	Львівська	0,0071	1	7,78	55,0	100,0	7,70	12,84	-651	-505,43
13	Миколаївська	0,0213	24	1,96	1,1	25,8	2,48	0,86	0	0,00
14	Одеська	0,0312	26	1,66	9,2	23,4	2,01	3,86	62	55,82
15	Полтавська	0,0189	41	0,95	1,6	40,9	0,59	5,07	193	82,67
16	Рівненська	0,0204	29	1,21	0,9	0,0	2,79	4,16	75	68,22
17	Сумська	0,0094	15	1,36	8,5	13,3	6,56	11,35	-100	-61,36
18	Тернопільська	0,0082	3	3,66	12,9	9,7	22,65	2,20	-1	0,00
19	Харківська	0,0077	2	4,93	10,2	26,5	41,82	13,74	-10	-24,30
20	Херсонська	0,0068	5	3,57	1,9	0,0	12,59	1,09	-246	-264,00
21	Хмельницька	0,0066	3	4,13	18,2	0,0	41,21	15,54	-3	2,38
22	Черкаська	0,0063	2	6,25	14,3	4,8	15,14	0,57	0	0,00
23	Чернівецька	0,0313	31	0,90	0,7	0,0	0,56	1,25	-4	-61,02
24	Чернігівська	0,0219	66	1,06	3,0	5,6	2,48	2,88	258	288,90
25	Україна	0,0164	14	1,50	4,2	16,1	4,36	8,14	-434	-840,26

Таблиця 3.6 – Результати розрахунку соціально-економічних показників захоронення ТПВ

№ з/п	Територіальна одиниця	Охоплення населення послугами зі збирання ТПВ, %	Середній тариф на захоронення, грн./м ³	Питома вага тарифу на захоронення у загальному тарифі на поводження з ТПВ для населення, %
1	Вінницька	84	27,6	42,9
2	Волинська	61	26,5	39,7
3	Дніпропетровська	65	16,78	23,8
4	Донецька	80	11,56	14,6
5	Житомирська	65,3	13,8	26,3
6	Закарпатська	82	32,9	25,8
7	Запорізька	80	29,96	34,1
8	Івано-Франківська	85,7	30,14	28,0
9	Київська	87	31,59	43,7
10	Кіровоградська	64,8	20,14	26,0
11	Луганська	72,5	27,27	24,9
12	Львівська	92	46,6	35,6
13	Миколаївська	95	14,4	21,6
14	Одеська	63	27,2	46,2
15	Полтавська	77	11,1	19,0
16	Рівненська	74,8	23,17	26,4
17	Сумська	82	22,7	31,6
18	Тернопільська	66	35,18	30,5
19	Харківська	87	61,28	79,1
20	Херсонська	75	38,2	27,7
21	Хмельницька	75,85	18,89	24,3
22	Черкаська	63	35,86	29,0
23	Чернівецька	92,5	6,54	8,7
24	Чернігівська	72,2	42,03	43,5
25	Україна	77,71	21,19	24,3

Модуль навантаження ТПВ: найбільше значення характерне для Донецької області – $1614,34 \text{ т/км}^2$ – та Київської області – $1575,52 \text{ т/км}^2$. Найменше значення показника характерне для Сумської області – $17,425 \text{ т/км}^2$. Ці значення перевищують середнє по Україні у 3,8-4,0 рази. Якщо проаналізувати значення модулю навантаження ТПВ за 2018 р., то лідерами є Донецька ($48,36 \text{ т/км}^2$) та Одеська ($45,76 \text{ т/км}^2$) області, що перевищує середнє по Україні значення в 2,5-2,7 рази.

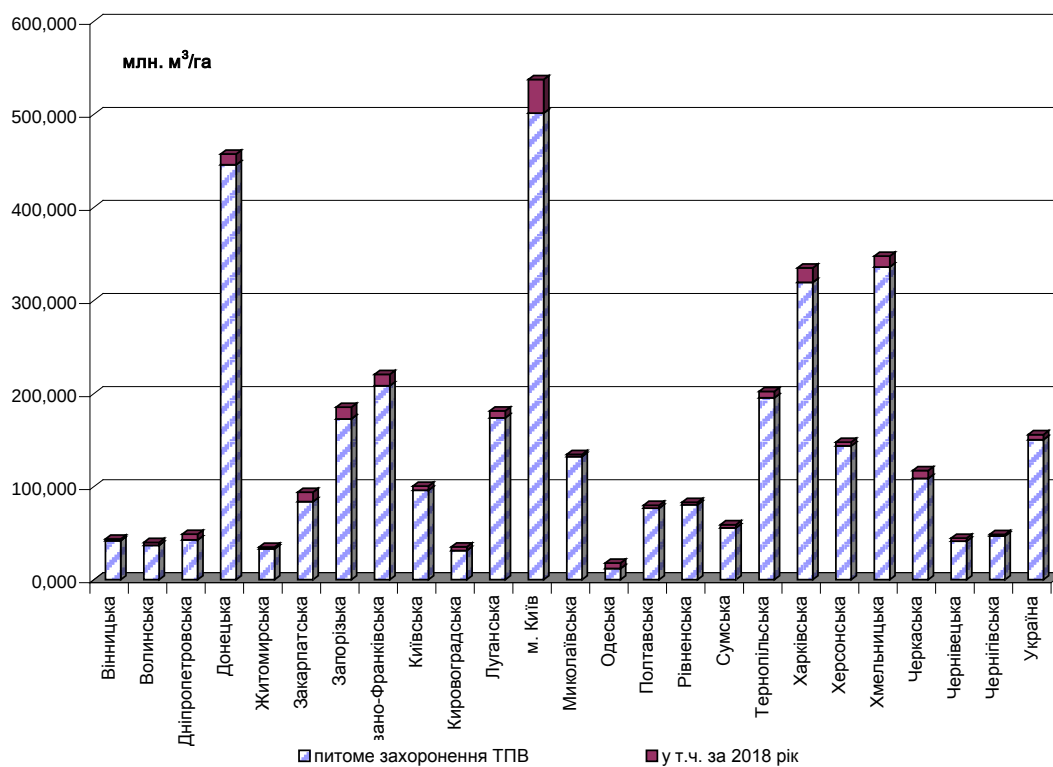
Розглянемо такий похідний показник як питоме захоронення ТПВ – кількість ТПВ (м^3 , т), що захоронена на 1 га території сміттєзвалищ та полігонів. Обчислені значення представимо у вигляді гістограм (рис. 3.4 а і б). Зазначимо, що у випадку побудови гістограми (а) не вказана Львівська область, оскільки отримані значення значно перевищують середні показники по Україні і не дають змоги наглядно зобразити зміни показників для решти регіонів України.

Як бачимо, регіони України характеризуються різними значеннями питомого захоронення ТПВ. Коефіцієнт варіації (формула (3.1) питомого захоронення ТПВ за об'ємом склав 0,393, за масою – 0,935, що свідчить про значну неоднорідність вибірок даних. В середньому, 3% від загального об'єму захоронених ТПВ припадає на 2018 рік, 4% – у випадку маси ТПВ.

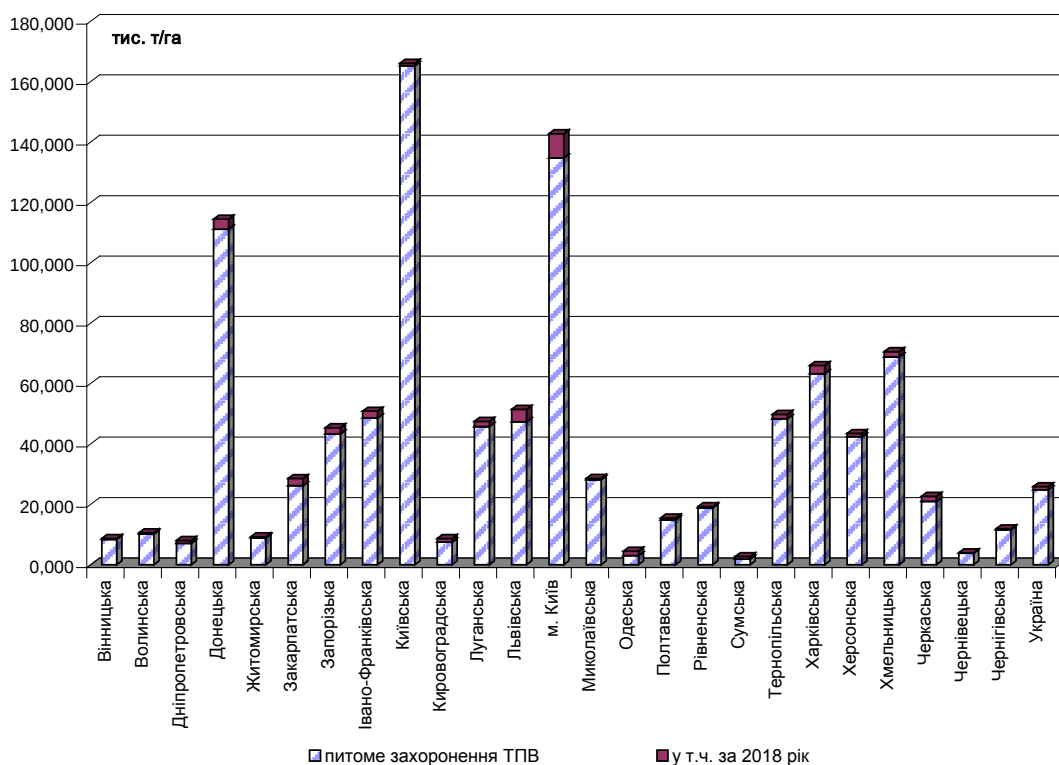
Проаналізуємо блок індикаторів місць захоронення ТПВ (табл. 3.5).

Частка площі регіону, зайнята місцями захоронення ТПВ, в середньому склала 0,0164%, максимальне значення характерне для Дніпропетровської області – 0,0287%, мінімальне – для Івано-Франківської області (0,0055%).

Питома кількість місць захоронення розподілена нерівномірно по регіонах України. В середньому, значення показника складає 14 місць на 100 тис. населення. Максимальне значення індикатору характерне для Чернігівської області – 66/100 тис. населення; мінімальне – 1/100 тис. населення (Донецька, Івано-Франківська, Луганська, Львівська області).



а



б

Рисунок 3.4 – Питоме заховорення ТПВ по регіонах України
(дані за 2018 р.).

Середня площа одного полігону склала 1,50 га в середньому для України, максимальне значення характерне для Львівської області – 7,78 га, мінімальне – 0,79 га для Волинської області.

Частка перевантажених полігонів в середньому по Україні склала 4,2%, максимум перевантажених полігонів – у Львівській області (55% від всієї кількості), мінімум – в Луганській області (немає перевантажених). Часта полігонів, що не відповідають нормам екологічної безпеки, склала, в середньому, 16%. Максимальне значення характерне для Львівської області – 100%, немає таких полігонів у Вінницькій, Волинській, Рівненській, Херсонській, Хмельницькій та Чернівецькій областях.

Відносна кількість несанкціонованих сміттєзвалищ склала 4,36, тобто їх кількість на 2018 р. перевищує у 4,36 рази загальну кількість звалищ і полігонів в Україні. Найбільше перевищення – майже у 70 разів – спостерігалось у Київській області. Найменше співвідношення між несанкціонованими сміттєзвалищами та «офіційними» склало 0,56 у Чернівецькій області – тобто їх менше, ніж «офіційних», майже у 2 рази. Ще у двох регіонах – Полтавській та Житомирській області кількість несанкціонованих сміттєзвалищ була нижчою за загальну кількість сміттєзвалищ і полігонів (значення показника <1).

В середньому по Україні відносна площа несанкціонованих сміттєзвалищ склала 8,14% від загальної площі «офіційних» місць захоронення. Найбільш «суттєвою» по відношенню до загальної площі місць захоронення є площа несанкціонованих сміттєзвалищ у Київській області (60%), найменше співвідношення між цими категоріями місць захоронення характерне для Вінницької області – 0,52%.

Проаналізуємо такий похідний показник, як питоме захоронення ТПВ на несанкціонованих звалищах – обсяг ТПВ на одиницю площі несанкціонованого сміттєзвалища (тис. м³/га). Розрахунок показав, що в середньому по Україні на 1 га площі несанкціонованого сміттєзвалища

припадає 0,671 тис. м³ ТПВ. Основна частина регіонів характеризується значенням показника обсягу ТПВ на 1 га площі нижче середнього по Україні, але 5 областей України характеризуються значенням показника, що вище за середнє по Україні в 2-3 рази. Позначимо такі регіони на карті-схемі (рис. 3.3). Як бачимо, найбільш проблемними щодо ситуації з несанкціонованими сміттєзвалищами є Львівська і Полтавська області.

Динаміка зміни кількості і площі розглянута для п'ятирічного періоду 2013-2018 рр. (без урахування даних для АР Крим). За цей період кількість полігонів та сміттєзвалищ в Україні скоротилася на 434 одиниці, причому найбільше у Львівській області – на 651. За період 2013-2018 рр. кількість місць захоронення збільшилася у Волинській (найбільше – 457), Запорізькій, Кіровоградській, Одеській, Полтавській, Рівненській областях. Загальна площа місць захоронення ТПВ за період 2013-2018 рр. скоротилася на 840 га, найбільше у Львівській області – на 505 га. Є регіони, де площа місць захоронення збільшилася – Волинська (найбільше значення - 312 га), Дніпропетровська, Кіровоградська, Одеська, Полтавська, Рівненська, Хмельницька, Чернігівська. За період 2013-2018 рр. не змінилися дані для Черкаської та Миколаївської областей.

Проаналізуємо соціально-економічні індикатори захоронення ТПВ (табл. 3.6). В середньому, охоплення населення послугами зі збирання ТПВ склала 77,7%, найбільш охоплено населення Миколаївської області – 95%, найменше – Волинської (61%). Середній тариф на захоронення склав 21,19 грн./м³, найбільше значення тарифу – 61,28 грн./м³ у Харківській області, найменше – у Чернівецькій – 6,54 грн./м³. Питома вага тарифу на захоронення у складі тарифу на поводження з ТПВ склала 24,3%, максимальне значення характерне для Харківської області (79%), мінімальне – для Чернівецької (8,7%).

4 РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ЗА СИТУАЦІЄЮ ІЗ ЗАХОРОНЕННЯМ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

З методів районування, проаналізованих у розділі 2, виберемо кластерний аналіз для районування території України за ситуацією із захороненням ТПВ на основі розрахованих значень індикаторів (табл. 3.4-3.6). Отже, для вирішення завдання районування території України за набором показників, що описують ситуацію із захороненням ТПВ, на основі об'єднання областей у характерні групи, нами використаний метод багатомірного статистичного аналізу – кластерний аналіз. В якості змінних для проведення кластерного аналізу з набору індикаторів (підрозділ 2.1) нами вибрані такі:

- питоме захоронення ТПВ, т/люд.;
- модуль навантаження ТПВ, т/км²;
- питоме захоронення ТПВ на несанкціонованих звалищах, тис. м³/га;
- частка площі регіону, зайнята місцями захоронення ТПВ, %;
- питома кількість місць захоронення, од. на 100 тис. населення;
- частка перевантажених полігонів, %;
- динаміка зміни кількості полігонів за 2013-2018 рр.;
- охоплення населення послугами зі збирання ТПВ, %;
- середній тариф на захоронення, грн./м³;

Реалізація алгоритму виконана з використанням пакету прикладних програм Statistica 7.0. Розглянемо більш детально особливості застосування алгоритму кластерного аналізу в пакеті програм, адаптованого для наших вихідних даних.

4.1 Особливості кластерного аналізу у програмі Statistica [26]

У STATISTICA реалізовані класичні методи кластерного аналізу, включаючи методи k-середніх, ієрархічної кластеризації і двухвходового об'єднання. Дані можуть надходити як у початковому вигляді, так і у вигляді матриці відстаней між об'єктами.

Спостереження і змінні можна кластеризувати, використовуючи різні заходи відстані (евклидове, квадрат евклидового, манхеттенівське, Чебишева та ін.) І різні правила об'єднання кластерів (одиначна, повна зв'язок, незважене і зважене попарне середнє по групах і ін.).

Використання кластерного аналізу для вирішення даного завдання найбільш ефективно. У загальному випадку кластер-аналіз призначений для об'єднання деяких об'єктів в класи (кластери) таким чином, щоб в один клас потрапляли максимально схожі, а об'єкти різних класів максимально відрізнялися один від одного. Кількісний показник подібності розраховується заданим способом на підставі даних, що характеризують об'єкти.

Всі кластерні алгоритми потребують оцінках відстаней між кластерами або об'єктами, і ясно, що при обчисленні відстані необхідно задати масштаб вимірів.

Оскільки різні виміри використовують абсолютно різні типи шкал, дані необхідно стандартизувати (в меню Дані виберіть пункт стандартизованих), так що кожна змінна буде мати середню 0 і стандартне відхилення 1.

Крок 1. Ієрархічна класифікація

На першому етапі з'ясуємо, чи формують наші вихідні дані (а це регіони України з наборами показників) «природні» кластери, які можуть бути осмислені.

Виберемо «Кластерний аналіз» в меню «Аналіз» - «Багатомірний розвідувальний аналіз» для відображення стартовою панелі модуля «Кластерний аналіз». У цьому діалозі виберемо Ієрархічна класифікація і натиснемо ОК.

Натиснемо кнопку «Змінні», виберемо «Все», в полі «Елемент» виберемо «Спостереження (рядки)». Як правила об'єднання відзначимо Метод повної зв'язку, в якості міри близькості - Евклідова відстань. Натиснемо ОК.

Метод повної зв'язку визначає відстань між кластерами як найбільша відстань між будь-якими двома об'єктами в різних кластерах (тобто «найбільш віддаленими сусідами»).

Міра близькості, яка визначається евклідовим відстанню, є геометричним відстанню в n -мірному просторі і обчислюється таким чином:

Найбільш важливим результатом, отриманим в результаті деревовидної кластеризації, є ієрархічне дерево. Натиснемо на кнопку «Вертикальна дендрограма».

Побудована нами дендрограма групування регіонів України за показниками, що характеризують захоронення ТПВ, представлена у Додатку Б.

Крок 2. Кластеризація методом k -середніх.

Алгоритм K -середніх побудований на чотирьох основних операціях:

- вибір початкових точок для K кластерів;
- розрахунок несхожості між об'єктом і середнім значенням кластера;
- включення об'єкта в кластер, у якого середнє ближче до об'єкта;
- перерахунок середнього значення кластера із об'єктів, які належать йому, щоб всередині кластера несхожість зводилась до мінімуму.

Крім першої операції інші три операції виконуються повторно в алгоритмі до виконання умови (поки немає більше точок, що змінюють кластери). Суть алгоритму полягає в мінімізації функції вартості, яка залежить від несхожості між мірою кожного спостереження з середнім значенням кластеру. Несхожість, як правило, моделюється як евклідова відстань [21].

Виходячи з візуального представлення результатів (Додаток Б), можна зробити припущення, що регіони України утворюють чотири природних кластера. Перевіримо це припущення, розбивши вихідні дані методом k-середніх на 4 кластери, і перевіримо значимість відмінності між отриманими групами.

У стартовій панелі модуля «Кластерний аналіз» виберемо «Кластеризация методом k-середніх». Натиснемо кнопку «Змінні» і виберемо «Все», в полі «Елемент» виберемо «Спостереження (рядки)», задамо 4 кластера розбиття.

Метод k-середніх полягає в наступному: обчислення починаються з k випадково обраних спостережень (в нашому випадку $k = 4$), які стають центрами груп, після чого об'єктний склад кластерів змінюється з метою мінімізації мінливості всередині кластерів і максимізації мінливості між кластерами.

Кожне наступне спостереження ($K + 1$) відноситься до тієї групи, міра подібності з центром тяжкості якого мінімальна.

Після зміни складу кластера обчислюється новий центр ваги, найчастіше як вектор середніх по кожному параметру. Алгоритм триває до тих пір, поки склад кластерів не перестане змінюватися.

Коли результати класифікації отримані, можна розрахувати середнє значення показників по кожному кластеру, щоб оцінити, наскільки вони різняться між собою.

У вікні «Результати методу k-середніх» виберемо «Дисперсійний аналіз» для визначення значущості відмінності між отриманими кластерами.

Натиснемо кнопку «Елементи кластерів і відстані для перегляду спостережень», що входять в кожен з кластерів. Опція також дозволяє відобразити евклідові відстані об'єктів від центрів (середніх значень) відповідних їм кластерів.

Крок 3. Описові статистики.

Знання описових статистик в кожній групі, безумовно, є важливим для будь-якого дослідника. Відображення статистик для кожного кластера з діалогу Результати методу k-середніх в даному випадку не представляє інтересу, тому що дані були стандартизовані.

Таблиця стандартизованих даних доповнилася інформацією про кластер, до якого належить спостереження, евклідовому відстані і номері спостереження.

Скопіюємо змінну КЛАСТЕР в вихідну таблицю даних.

Тепер для кожного кластера можна обчислити основні описові статистики. В меню «Аналіз» - «Основні статистики» і таблиці виберемо опцію «Угрупування і однофакторний».

4.2 Результати районування з використанням кластерного аналізу

Для вирішення завдання районування території України за показниками, які характеризують захоронення ТПВ, нами був обраний метод кластеризації k-середніх, а кількість кластерів визначалося на підставі дендрограми (додаток Б) і при дотриманні умови значущої різниці між значеннями показників у кожному кластері.

Характеристики отриманих кластерів представлені у табл. 4.1. Аналіз отриманих результатів районування території України за ситуацією із захороненням ТПВ за допомогою кластерного аналізу дозволяє зробити такі висновки:

- виділено чотири групи районів. При такій заданій кількості кластерів спостерігаються найкращі результати об'єднання у групи зі значущою різницею між отриманими кластерами за показниками, що використані у якості змінних;
- характеристика груп за середніми значеннями показників дає змогу скласти узагальнені характеристики груп.

Таблиця 4.1 – Результати кластеризації регіонів України за показниками, що описують захоронення ТПВ (2018 р.)

Характеристика	Кластер			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
Склад кластеру	Вінницька Донецька Миколаївська Полтавська Рівненська Чернівецька	Закарпатська Запорізька Івано- Франківська Луганська Сумська Тернопільська Харківська Херсонська Хмельницька Черкаська	Волинська Дніпропетровська Кіровоградська Одеська Чернігівська	Київська Львівська
Середні значення показників				
питоме захоронення ТПВ, т/люд.	6,2375	4,3072	3,8774	13,9945
модуль навантаження ТПВ, т/км ²	538,3403	294,029	181,5158	956,4015
питоме захоронення ТПВ на несанкціонованих звалищах, тис. м ³ /га	0,869	0,521	0,256	5,262
частка площі регіону, зайнята місцями захоронення ТПВ, %	0,0223	0,0075	0,0245	0,0083
питома кількість місць захоронення, од. на 100 тис. населення	28,8	4,9	38	1,5
частка перевантажених полігонів, %	1,7	11,1	3,66	43,7

(продовження табл. 4.1)

1	2	3	4	5
динаміка зміни кількості полігонів за 2013-2018 рр.	30,33	-65	144,2	-501
охоплення населення послугами зі збирання ТПВ, %	83,88	76,905	65,2	89,5
середній тариф на захоронення, грн./м ³	15,728	33,238	26,53	39,095

Найгірша ситуація із захороненням ТПВ характерна для 4-ї групи – Львівська і Київська області. Тут спостерігаються найвищі значення питомого захоронення ТПВ, в т.ч. і на несанкціонованих звалищах. Значення модулю техногенного навантаження також найвище серед груп. Також для цієї групи характерний найвищий відсоток території, зайнятий місцями захоронення ТПВ.

Хоча питома кількість місць захоронення є найнижчою серед груп, це свідчить про те, що місця захоронення є доволі крупними об'єктами. До того ж, в цій групі спостерігається найвищий відсоток перевантажених полігонів. За рахунок найбільшого серед регіонів України зменшення кількості полігонів у Львівській області за період 2013-2018 рр., група виділяється значною динамікою скорочення кількості місць захоронення. Але необхідно з'ясувати причини такого значного скорочення кількості місць захоронення, які, можливо, пов'язані із обліком. Група також характеризується найбільшим охопленням населення послугами з вивезення ТПВ та тарифом на захоронення.

Розглянемо третю групу областей – Волинська, Дніпропетровська, Кіровоградська, Одеська і Чернігівська. Ця група характеризується найнижчими значеннями питомого захоронення ТПВ, в т.ч. і на несанкціонованих звалищах, а також модулю навантаження ТПВ. Проте тут найвища питома кількість місць захоронення та динаміка зміни кількості

місць захоронення за 2013-2018 рр. Хоча за значенням показника частки регіону, зайнятої місцями захоронення, можна зробити висновок, що ці об'єкти порівняно невеликі за площею. Перевантажених полігонів небагато (3,7%). Для групи характерний найнижчий відсоток охоплення населення послугами з вивезення ТПВ.

Найбільша група за кількістю областей – 2, охоплює Закарпатську, Запорізьку, Івано-Франківську, Луганську, Сумську, Тернопільську, Харківську, Херсонську, Хмельницьку та Черкаську області. Група характеризується порівняно невисокими значеннями питомого захоронення ТПВ а також модулю навантаження ТПВ. Для групи характерна найнижча частка площі, зайнята місцями захоронення, до того ж, питома кількість цих місць є невисокою, а динаміка зміни кількості місць захоронення за період 2013-2018 рр. є від'ємною. Охоплення населення послугами з вивезення ТПВ є середнім по Україні – 77%. Тариф на захоронення доволі високий – 33,24 грн./м³.

Перша група, що охоплює Вінницьку, Донецьку, Миколаївську, Полтавську, Рівненську та Чернівецьку області, обіймає другу ступень за такими показниками, як питоме захоронення ТПВ, в т.ч. і на несанкціонованих звалищах, значення модулю техногенного навантаження, частка площі регіону, зайнята місцями захоронення та питома кількість місць захоронення. Але частка перевантажених полігонів найменша серед розглядуваних груп. Тариф на захоронення також найнижчий. Динаміка зміни кількості місць захоронення за період 2013-2018 рр. позитивна, охоплення населення послугами із вивезення ТПВ вище за середнє по Україні.

Представимо результати районування території України за ситуацією із захороненням ТПВ у вигляді карти-схеми (рис. 4.1).

Взагалі можна відмітити, що найбільш несприятлива ситуація спостерігається у кластері № 4, який охоплює Львівську і Київську область. Значення показників для цих областей перевищують середньоукраїнські значення у кілька разів. До того ж, тут найвищий тариф на захоронення ТПВ.

Найкращою ситуацією за означеним набором показників характеризується кластер 3. Здебільшого, тут найнижчі значення показників, що використані для реалізації алгоритму кластерного аналізу.

За приведеними результатами можна зробити висновок про доцільність використання алгоритму кластерного аналізу для вирішення завдання районування території України за ситуацією із захороненням відходів.

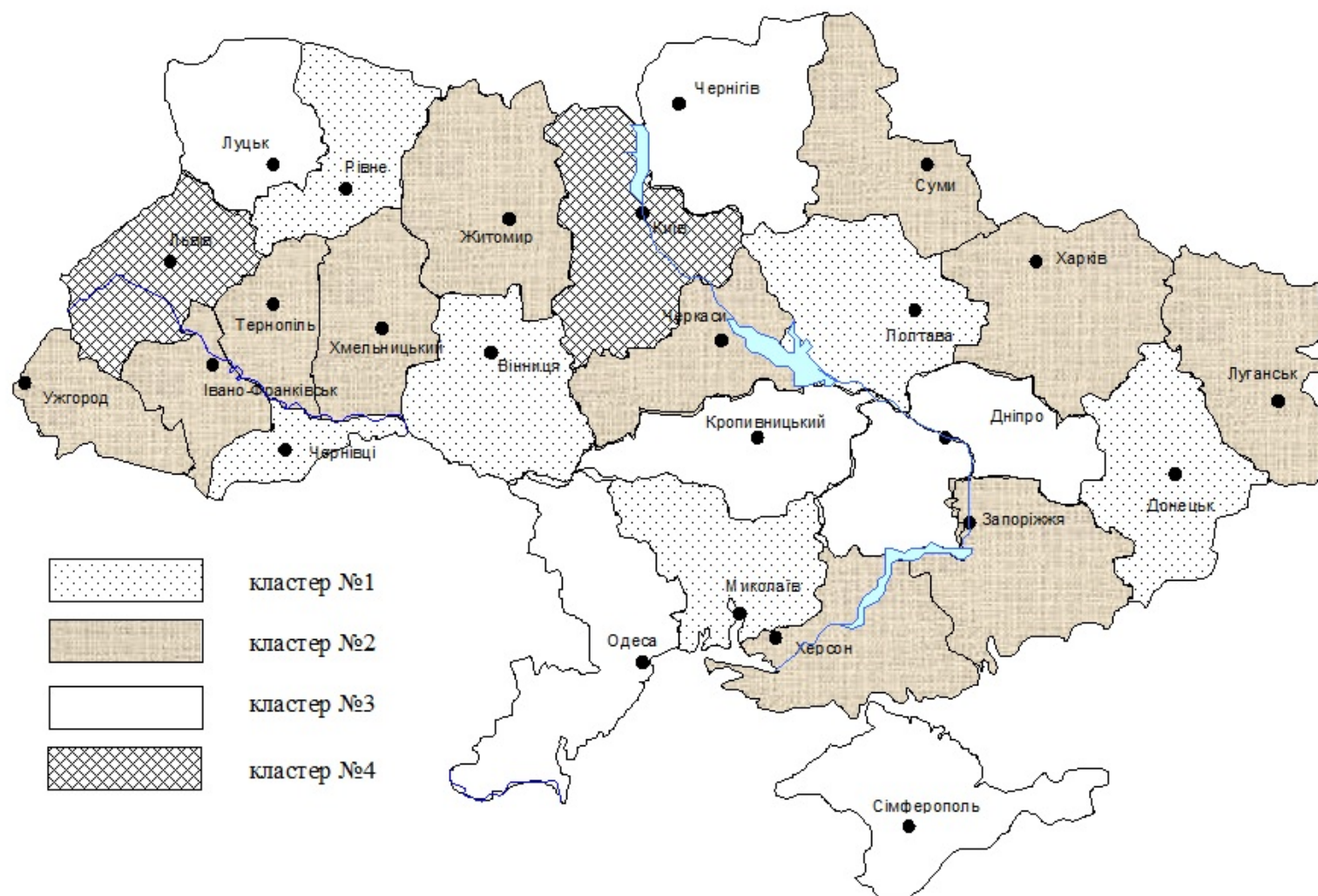


Рисунок 4.1 – Районування території України за ситуацією із захороненням ТПВ з використанням кластерного аналізу (складено автором)

ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи, яка присвячена дослідженню просторова часових закономірностей захоронення ТПВ в регіонах України отримали такі висновки.

Проаналізувавши стан проблеми ТПВ у світі та в Україні, дійшли висновку, що кризова ситуація у сфері ТПВ буде посилюватися через збільшення обсягів утворення ТПВ, ускладнення морфологічного складу та інертність в реалізації дієвих механізмів зменшення кількості відходів та ефективного використання їх ресурсного потенціалу. В Україні 94% ТПВ видаляються на звалища і полігони, які переповнені і не відповідають природоохоронним вимогам, отже, є об'єктами негативного впливу на НПС. Одним з таких впливів є емісія біогазу та утворення фільтрату, які утворюються внаслідок анаеробної біодеструкції органічних компонентів ТПВ в тілі полігону.

Комплексним дослідженням проблеми відходів присвячені окремі дослідження з розробки моделі формування екологічної ситуації, індикаторів, що дозволяють охарактеризувати ситуацію тощо. Бажано, щоб сформовані набори показників, які використовуються для задачі регіонального зіставлення, були універсальними та єдиними для територіальних одиниць. Таким чином, на основі аналізу офіційних даних щодо стану сфери поводження з побутовими відходами в Україні були виділені три блоки показників, на основі яких сформована база даних по регіонах України.

Це блоки показників, що описують утворення та захоронення ТПВ (5 показників), місця захоронення ТПВ (12 показників) та послуги з вивезення та захоронення ТПВ (3 показники). Проаналізувавши отриману базу даних показників утворення і захоронення ТПВ по регіонах України, дійшли висновку про значну варіабельність даних по регіонах України. Виявили, що

є окремі недоліки у первинній інформації. Представили окрему інформацію у вигляді карт-схем ситуацій із захороненням ТПВ на полігонах і звалищах України (окремо на нелегальних).

На основі сформованої бази даних визначили індикатори ситуації з ТПВ в регіонах України по трьох блоках: блок індикаторів утворення та захоронення ТПВ, блок індикаторів місць захоронення ТПВ, блок соціально-економічних показників захоронення ТПВ. Аналіз 16 індикаторів дав змогу перейти до узагальненої характеристики ситуації в регіонах України та зробити міжрегіональні зіставлення. Можна відмітити, що для переважної більшості показників зберігається така тенденція: найбільші за площею регіони характеризуються найвищими значеннями індикаторів.

Розглянувши основні підходи щодо районування території за набором індикаторів – це метод зважених балів та кластерний аналіз, виявили переваги та недоліки методів. Для районування території України за ситуацією із захороненням ТПВ використали метод кластерного аналізу. В результаті отримали чотири кластери областей України з узагальненими характеристиками для кожної групи. За результатами можна вважати, що найгіршою ситуація є у кластері 4 – Київська та Львівська області. Найкраща ситуація із захороненням ТПВ (за сукупністю показників) характерна для 3 групи (Волинська, Дніпропетровська, Кіровоградська, Одеська і Чернігівська області).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2018 рік. URL: <http://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sferi-povodzhennya-z-pobutovimi-vidhodami-v-ukrayini-za-2018-rik/> (дата звернення 10.10.2019)
2. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року (схвалено розпорядженням КМУ від 08.11.2017 р. за № 820-р). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80> (дата звернення 27.10.2019 р.).
3. What a Waste: a Global Review of Solid Waste Management / Daniel Hoornweg, Perinas Bhada-Tata, 2012, 116 p. URL: <http://siteresources.worldbank.org/>. (assessed 10.10.2019).
4. Матвеев Ю.Б., Пухнюк А.Ю. Полігони побутових відходів: ситуація і перспективи // Тверді побутові відходи. 2013. № 6. С. 37-42. URL: <http://uabio.org/img/files/news/pdf/msw-landfills-situation-matveev-pukhniuk.pdf> (дата звернення 17.01.2019).
5. Приходько В.Ю. Анализ и перспективы проблемы твердых бытовых отходов // Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды: Материалы IVМеждународной научно-практической конференции. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины. 2018. С.129-133.
6. Приходько В.Ю. Характеристика ситуации с твердыми бытовыми отходами на основе эколого-географического анализа // Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «География в современном мире: вековой прогресс и новые приоритеты». Санкт-Петербург, 2018. С.516-519.
7. ДБН В.2.4-2-2005 Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування. URL: <http://dbn.at.ua/load/1-1-0-289> (дата звернення 17.01.2019).

8. Управління та поводження з відходами: підручник / Шаніна Т.П., Губанова О.Р., Клименко М.О., Сафранов Т.А., Коріневська В.Ю., Бєдункова О.О., Волков А.І. За ред. проф. Сафранова Т.А., проф. Клименка М.О. Одеса: ТЕС, 2012. 272 с.
9. Будак О.О. Екологічний моніторинг полігонів твердих побутових відходів і їхній вплив на сільські території: дис. канд.. с.-г. наук, спеціальність 03.00.16 – Екологія. Київ, 2018. 152 с.
10. Біогазові установки: проектування, аналіз потенціалу та особливості застосування. URL: <http://www.biteco-energy.com> (дата звернення 10.10.2019).
11. Сталінська І.В. Аналіз впливу полігонів твердих побутових відходів на водні ресурси (на прикладі Дергачівського полігону). Вісник НУВГП. Вип. 2(74). 2016. С. 252-260.
12. Витковская С.Е. Твердые бытовые отходы: антропогенное звено биологического круговорота. Санкт-Петербург: АФИ. 2012. 132 с.
13. Приходько В.Ю. Комплексные экологические исследования проблемы отходов на региональном уровне // Географические аспекты устойчивого развития регионов : Материалы II международной научно-практической конференции, Гомель, 23-24 марта 2017 г. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2017. С. 102-106.
14. Environment monographs № 83: OECD core set of indicators for environmental performance reviews. Paris: OECD, 1993. 38 p.
15. Towards an urban atlas: assessment of spatial data on 25 European cities and urban areas / C. Lavalley, L. Demicheli, M. Kasanko and oth. Copenhagen: EEA. 2002. 131 p.
16. Приходько В.Ю. Комплексная оценка состояния окружающей природной среды и экологической ситуации на основе экоиндикаторов. Вопросы географии и геоэкологии. 2015. № 3. С. 29-37.
17. Приходько В.Ю., Осинівська В.Я. Обґрунтування набору показників для характеристики ситуації з твердими побутовими відходами на

регіональному рівні // «Екологічна безпека: сучасні проблеми та пропозиції»: Зб. наукових праць національного наукового круглого столу та II Всеукраїнської науково-практичної конференції (Харків, 26 квітня 2019 р.). С. 64-68.

18. Приходько В.Ю., Осинівська В.Я. Розробка набору індикаторів для характеристики ситуації із захороненням відходів // Збірник тез доповідей Міжнародного наукового симпозиуму «Тиждень еколога – 2019» (7-10 жовтня 2019 р., ДДТУ, Кам'янське). Кам'янське: ДДТУ, 2019. С. 171-172.

19. Приходько В.Ю. Особливості застосування методу зважених балів для районування території за використанням земель для видалення твердих побутових відходів (на прикладі Одеської області). Фізична географія та геоморфологія. 2016. № 3(83). С. 71-76

20. Игошин Н.И. Математические методы в физической географии: учебник, практикум / под ред. проф. А.Г. Топчиева, проф. Е.Д. Гопченко. Одесса: Астропринт. 2005. 472 с.

21. Путренко В.В. Красовська І.Г. Кластеризація геопросторових даних при інтелектуальному аналізі. Радіоелектронні і комп'ютерні системи. 2015. №3 (73). С. 45-52.

22. Кластерный анализ / Электронный учебник по статистике Statsoft. URL: <http://statsoft.ru/home/textbook/default.htm> (дата обращения 15.10.2019)

23. Сафранов Т.А., Приходько В.Ю., Шаніна Т.П. Проблема розміщення відходів на звалищах та полігонах Одеської області. Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. 2016. Вип. 14. С. 83-90.

24. Приходько В.Ю., Просянюк І.О. Особливості використання земель для захоронення твердих побутових відходів у Вінницькій області. Вестник Гидрометцентра Чёрного и Азовского морей. 2017. № 1 (20). С. 154-161.

25. Олійник Я.Б., Кононенко О.Ю., Мельничук А.Л. Районування території України за рівнем природно-техногенної безпеки. Часопис

соціально-економічної географії. Харків : Вид-во Харківського ун-та ім. В.Н. Каразіна. 2009. № 6(1). С. 84-92.

26. Пример использования кластерного анализа STATISTICA в автостраховании. URL:

http://statsoft.ru/solutions/ExamplesBase/branches/detail.php?ELEMENT_ID=1573

(дата звернення 20.10.2019).

ДОДАТКИ

Додаток А

Перелік опублікованих за темою КМР робіт

1. Приходько В.Ю., Осинівська В.Я. Обґрунтування набору показників для характеристики ситуації з твердими побутовими відходами на регіональному рівні // «Екологічна безпека: сучасні проблеми та пропозиції»: Зб. наукових праць національного наукового круглого столу та II Всеукраїнської науково-практичної конференції (Харків, 26 квітня 2019 р.). С. 64-68.

2. Приходько В.Ю., Осинівська В.Я. Розробка набору індикаторів для характеристики ситуації із захороненням відходів // Збірник тез доповідей Міжнародного наукового симпозіуму «Тиждень еколога – 2019» (7-10 жовтня 2019 р., ДДТУ, Кам'янське). Кам'янське: ДДТУ, 2019. С. 171-172.

Додаток Б

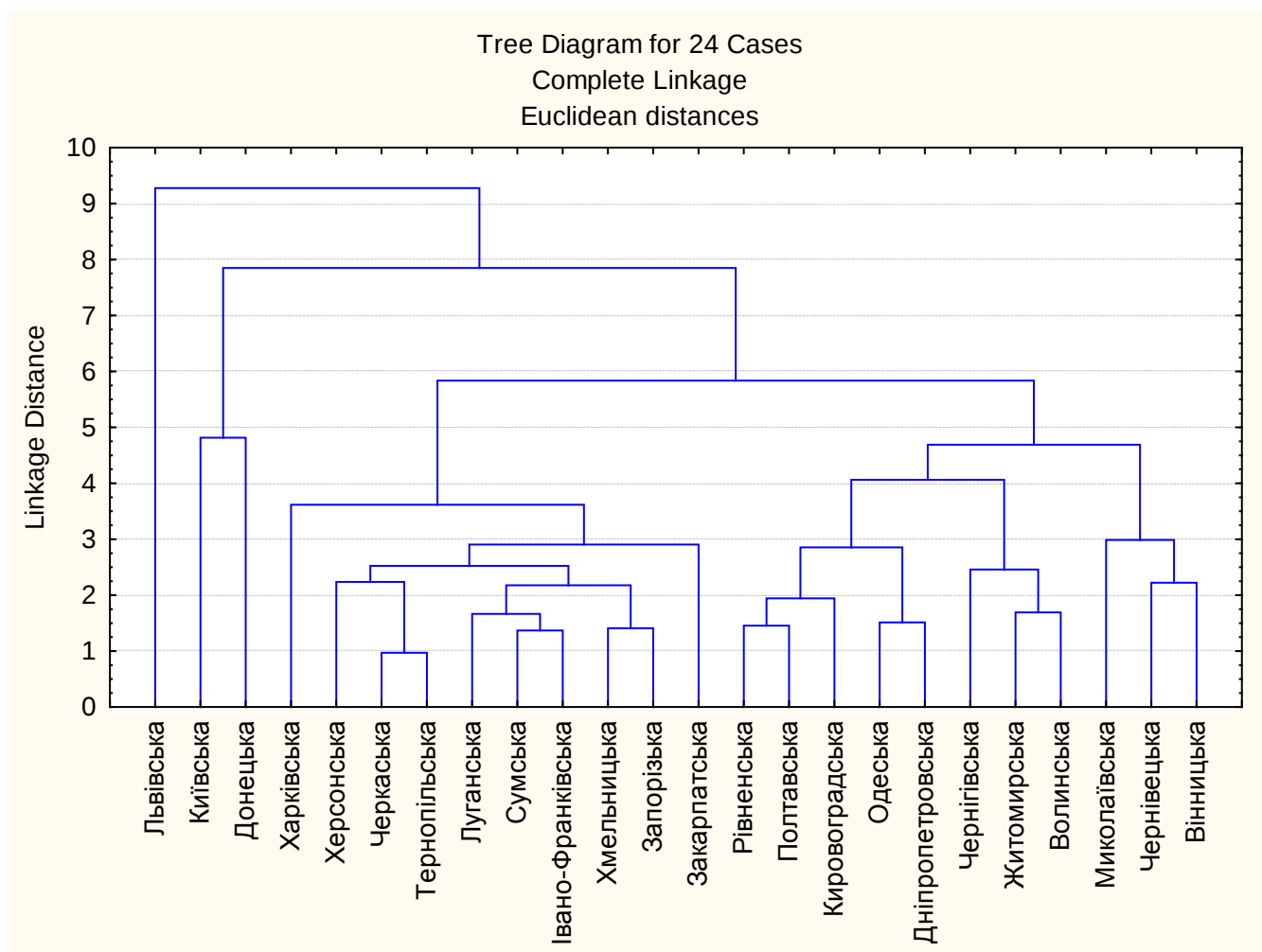


Рисунок Б.1 – Дендрограма розподілу регіонів України за ситуацією із захороненням ТПВ на основі застосування ієрархічної класифікації у програмі Statistica