

МІСЬКЕ БУДІВНИЦТВО ТА АРХІТЕКТУРА

УДК 330.341.1:628.4.032

І. Н. Дудар

О. В. Яворовська

ДІАГНОСТИКА СТАНУ СИСТЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ

Вінницький національний технічний університет

Статтю присвячено розгляду методики оцінки ефективності системи поводження з твердими побутовими відходами (далі – ТПВ). Докладно розглядаються критерії по економічному, екологічному та соціальному аспекті системи. На підставі цього методу побудовано графічну модель системи поводження з ТПВ, що показує її результативність і може використовуватися на практиці для покращення роботи системи в сучасних умовах.

Ключові слова: система поводження з ТПВ, графічна модель, діагностика стану системи

Вступ

В Україні проблема утилізації відходів з кожним роком стає все більш гострою. Використання застарілого методу утилізації – захоронення, та халатне утримання полігонів поширена практика у всіх містах України [1,2]. Наслідками такого поводження з ТПВ стала сьогодні екологічна криза – за оцінками експертів з ОБСЄ територія нашої країни забруднена на 94% [4]. Не відповідальне утримання полігонів ТПВ спричинило ряд людських втрат, серед яких особливо сколихнули громадськість – обвал на Грибовицькому сміттєзвалищі у 2016 році [5] та у нашій області загибель двох людей на полігоні побутових відходів у селищі міського типу Стрижавка у 2014 р. [6].

Тому актуальним є питання аналізу існуючої системи поводження з ТПВ та виявлення кола проблем у ній і, як наслідок проведеного аналізу, мати можливість удосконалення системи поводження з ТПВ у містах шляхом подолання виявлених «слабких сторін».

Метою нашого дослідження було проведення оцінки ефективності управління сферою поводження з муніципальними ТПВ у містах України на основі збалансування економічних, екологічних і соціальних критеріїв даної сфери.

Матеріал і методи дослідження. Вихідними матеріалами дослідження були фондові документи Департаменту екології та природних ресурсів областей, Державного агентства земельних ресурсів України, Екологічні паспорти областей, Екологічні паспорти міст, дані Головного управління статистики областей, санітарно – технічні паспорти полігонів ТПВ, Схеми санітарної очистки міст, звіти наукових установ, наукова література. Для досягнення поставленої мети застосовували методи узагальнення, систематизації, аналізу та синтезування груп показників, які характеризують екологічний, економічний і соціальний бік системи поводження з ТПВ.

Основна частина

Для того щоб визначити напрямок удосконалення системи поводження з муніципальними твердими відходами, слід здійснити діагностику стану системи – узагальнену оцінку стану всього механізму. Для цього використаємо розроблену автором методику [3].

У сучасних реаліях система поводження з ТПВ повинна формуватися з урахуванням, як економічної та екологічної складової, так і соціальної. Оскільки саме соціальні інтереси є індикатором того чи буде система прийнятною та ефективною. Ідея раціонального управління відходами полягає в тому, що ці три аспекти повинні розглядатися в комплексі. З цією метою у проведеному дослідженні ми оцінили три аспекти системи: екологічний, економічний та соціальний згідно вибраних критеріїв у шкальній оцінці та на основі отриманих результатів склали графічну модель.

Графічне зображення існуючої системи дало можливість наочно визначити стратегічні напрями розвитку та удосконалити сферу поводження з ТПВ кожного конкретного міста.

В основу приміненої графічної моделі покладено побудову трикутника на трьох осях, які перетинаються. Позначимо їх як «економічна складова», «соціальна складова» і «екологічна складова». Відстань осі графічної моделі дорівнює величинам, що відображають рівень стану кожної з трьох складових сталого розвитку. Центр трикутника буде точкою відліку, або нульовою точкою, а можливі максимальні кінцеві значення будуть прагнути до ідеалу з теорії управління відходами – «нулю відходів». Для економічної складової це означає, що 100% відходів, що утворюються переробляються і повертаються у виробничі цикли, без додаткових субсидій і за допомогою населення. Для екологічної, зменшення екологічного навантаження і викидів шкідливих речовин до нормативного рівня ГДК середньодобових (ГДКсд). Соціальна складова матиме максимальний результат за умови, що система поводження з муніципальними ТПВ є соціальноприйнятною (доступною) та соціально рівною.

Кожен аспект графічної моделі складатиметься з певних індикаторів та критеріїв (наприклад, відсоток муніципальних ТПВ, які піддаються вторинній переробці або захороняються на полігоні), оцінених за п'ятибальною шкалою: 1 виставляється за умови задоволеністю системою або її максимального функціонування, 5 – незадоволеністю системи. Ідеальна модель умовно має всі показники на рівні 1.

Детальна методика оцінки ефективності системи, яка може бути примінена для середніх та великих міст України представлена у роботі [3].

Критерії оцінки системи поводження з ТПВ представлено у табл. 1.

Таблиця 1

Екологічні критерії для оцінки системи поводження з ТПВ [3]

№п/п	Критерії
Техногенний вплив полігону ТПВ на навколишнє середовище	
1	Тип полігону ТПВ
2	Час експлуатації полігону у відношенні до нормативного терміну та ступінь наповненості полігону
3	Оцінка впливу полігону ТПВ на зовнішнє середовище
Втрата ресурсного потенціалу відходів	
1	Кількість відходів, які сортуються
2	Кількість вторинних відходів, які піддаються переробці
3	Кількість органічних відходів, які компостуються

Для порівняння візьмемо міста схожі на своїми характеристиками до м. Вінниця. Це міста України з населенням 250-500 тис.чол.: Миколаїв(494, 9 тис. чол.), Маріуполь (458, 5 тис. чол.), Херсон (297, 5 тис. чол.), Полтава (295, 9 тис. чол.), Чернігів (295, 6 тис. чол.), Черкаси (285, 1 тис. чол.).

Таблиця 2

Економічні критерії для оцінки системи поводження з ТПВ [3]

№п/п	Критерії
Економічна ефективність	
1	Вартість утилізації відходів на 1 тону
2	Дохід від потенційно можливої вторинної сировини
3	Частка покриття витрат на обслуговування системи управління, доходами від реалізації сировини
Тарифна доцільність	
1	Розмір платежів на 1 громадянина в % від середньої заробітної платні
2	Розмір платежів на 1 громадянина в % від мінімальної заробітної платні

Соціальні критерії для оцінки системи поводження з ТПВ [3]

№п/п	Критерії
Соціальна прийнятність	
1	Наявність підприємства переробки (обов'язково для міста з населенням 250 тис.чол)
2	Відсоток населення охопленого роздільним збиранням побутових відходів, %
3	Проведення заходів екологічного виховання
Соціальна рівність	
1	Відсоток паспортизованих місць видалення відходів
2	Кількість майданчиків первинного збору ТПВ
3	Кількість суб'єктів підприємницької діяльності, що здійснюють збирання, заготівлю відходів як вторинної сировини (нормативно 1 об'єкт на 20 тис. жителів)

Охарактеризуємо систему поводження з ТПВ кожного з міст, що планується аналізувати.

Миколаїв. За останній рік у місті Миколаєві утворилося 2070,2 тис. т відходів I- IV класів небезпеки, що в перерахунок на кількість жителів становить 4,17 т на людину за рік.

Більше 95% населення охоплено послугами із вивезення твердих побутових відходів. Всі ТПВ вивозяться на міський полігон ТПВ, що розташований поблизу с. Велика Корениха. Загальна площа полігону 37,97 га, розділена на 10 карт, 6 з яких на сьогодні вже заповнені. На території полігону побудовано 14 свердловин та встановлено когерентну установку по виробництву біогазу у рамках програми «Чисте місто».

В місті Миколаєві зареєстровано 30 суб'єктів господарської діяльності, що здійснюють збір та використання відходів як вторинної сировини. Станом на кінець 2013 року в Миколаєві зареєстровано та паспортизовано 7 місць видалення відходів. На даний момент у місті будується підприємство по переробці ТПВ. За екологічним паспортом міста всі 15 місць видалення відходів паспортизовані. На сьогоднішній день в м. Миколаєві роздільне збирання побутових відходів впроваджено в якості експерименту на території окремих мікрорайонів [7].

Тарифи для КП «Миколаївкомунтранс» на послуги із захоронення твердих побутових відходів – 8,53 грн./куб.м. Тарифи на послуги перевезення твердих побутових відходів від населення – 50,44 грн./куб.м [7].

Маріуполь. Щорічно у місті Маріуполь утилізується, шляхом захоронення на полігоні близько 200 тис. т. комунальних відходів.

Для знищення комунальних відходів на території міста існують два полігони ТПВ (діє один). Діючий полігон (у Орджонікідзевському районі) введено в експлуатацію в 1976 році. Фактична площа полігону – 12,131 га. Об'єм полігону на даний момент – близько 2,4 млн. млн. м³ [7]. У Маріуполі на полігоні діє система дегазації[7].

У місті 10 паспортизованих місць видалення відходів [7].

Зареєстровано 3 суб'єктів господарської діяльності, що здійснюють збір та використання відходів як вторинної сировини.

Тарифи на послуги із захоронення ТПВ – 15,78 грн./куб.м; Тарифи на послуги з перевезення твердих побутових відходів – 59,92 грн./куб.м [7].

Херсон. У м. Херсоні місцем приймання і знешкодження відходів є один міський полігон твердих побутових відходів, розташований по вул. Ракетній, площею 30,8 га. Підприємства по переробці ТПВ у місті відсутні. Планується будівництво сортувальної станції на базі полігону ТПВ [7]. У місті 5 паспортизованих місць видалення відходів.

Зареєстровано 4 суб'єктів господарської діяльності, що здійснюють збір та використання відходів як вторинної сировини [7].

Тарифи для на послуги із захоронення твердих побутових відходів – 13,19 грн./куб.м; Тарифи на послуги з перевезення твердих побутових відходів – 47,25 грн./куб.м [7].

Полтава. Весь обсяг утворених ТПВ у місті захоронюється на полігоні ТПВ. У Полтаві експлуатується полігон твердих побутових відходів поблизу селища Макухівка. На полігоні відсутні захисні екрани та ряд інженерно – технічних заходів. Офіційно полігон закритий з 2005, проте на сьогоднішній день експлуатується.

У місті 4 паспортизованих місць видалення відходів.

Зареєстровано 12 суб'єктів господарської діяльності, що здійснюють збір та використання

відходів як вторинної сировини [7].

Селективний збір ТПВ у місті не ведеться.

Тарифи для на послуги із захоронення твердих побутових відходів – 10,66 грн./куб.м; Тарифи на послуги перевезення твердих побутових відходів – 40,63 грн./куб.м [7].

Чернігів. ТПВ у місті захоронено на міському полігоні на Масанах. Він експлуатується з 1961 року та вичерпав свою потужність ще у 1997р. На полігоні дія система збору та утилізації біогазу.

У місті 67 паспортизованих місць видалення відходів та 2 непаспортизованих [7].

Зареєстровано 8 суб'єктів господарської діяльності, що здійснюють збір та використання відходів як вторинної сировини, але 6 з яких працюють на території підприємств та відмовляються обслуговувати населення.

Селективний збір ТПВ у місті працює з 2003 року. Вже 72,9% населення охоплено даною послугою [7].

Тарифи для на послуги захоронення твердих побутових відходів – 11,32 грн./куб.м; Тарифи на послуги перевезення твердих побутових відходів – 39,21 грн./куб.м [7].

Черкаси. Весь обсяг ТПВ у місті захоронено на тимчасовому міському полігоні. Він експлуатується з 1992 року та вичерпав свою потужність ще у 1994р (експлуатувати полігон планували 18 місяців).

У місті 18 паспортизованих місць видалення відходів та 20 непаспортизованих.

Зареєстровано 28 суб'єктів господарської діяльності, що здійснюють збір та використання відходів як вторинної сировини. У місті також діє 1 пересувний пункт прийому небезпечних відходів, серед яких відпрацьовані лампи та прилади, що містять ртуть, відпрацьовані батарейки та акумулятори [7].

Селективний збір ТПВ у місті працює з 2005 року. 62,8% населення охоплено даною послугою [7].

Тарифи для на послуги із захоронення твердих побутових відходів – 62,96 грн./куб.м; Тарифи на послуги перевезення твердих побутових відходів – 15,70 грн./куб.м [7].

Вінниця. ТПВ у місті захоронено на міському полігоні біля с. Стадниця. Він експлуатується з 1982 року. На території полігону діє сміттесортувальна станція. Також на полігоні було встановлено 22 свердловин та стаціонарний факел і газовий компресор з газоаналізатором, для виробництва енергії з біогазу.

У місті 29 паспортизованих місць видалення відходів.

Зареєстровано 28 суб'єктів господарської діяльності, що здійснюють збір та використання відходів як вторинної сировини. У місті також діє 1 пересувний пункт прийому небезпечних відходів, серед яких відпрацьовані лампи та прилади, що містять ртуть, відпрацьовані батарейки та акумулятори.

Селективний збір ТПВ у місті працює з 2015 року. 59 % населення охоплено даною послугою [7].

Тарифи для на послуги захоронення твердих побутових відходів – 91,48 грн./куб.м; Тарифи на перевезення твердих побутових відходів від населення – 13,18 грн./куб.м [7].

На основі отриманих даних ми проаналізували кожен критерій системи поводження з ТПВ по 5-ти бальній шкалі. Узагальнені результати аналізу представлено у табл.1. На рис. 2 представлено графічне порівняння результатів всіх окремо по економічному, екологічному та соціальному аспекту системи.

Отже, за аналізом трьох аспектів системи (згідно даних табл. 1) нами було побудовано графічну модель. Графічна модель існуючої системи поводження з ТПВ у кожному місті (неправильний трикутник) та ідеальна модель поводження з ТПВ (правильний трикутник зі сторонами 1) представлено на рис. 2.

Аналізуючи моделі, можна зробити висновок, що найгіршою є система поводження з ТПВ у місті Полтава, ефективність якого складає лише 17,4% від ефективності ідеальної моделі. Це зумовлено тим, що у місті юридично немає жодного методу утилізації – полігон закритий, проте використовується, підприємства по переробці та компостуванні ТПВ у місті також не функціонує. У місті також відсутній селективний збір ТПВ. Єдиною перевагою система є те, що у місті функціонує 12 підприємств по збору вторинної сировини, що згідно містобудівних норм [8] є оптимальною кількістю для міста з населенням 310 тис. чол.

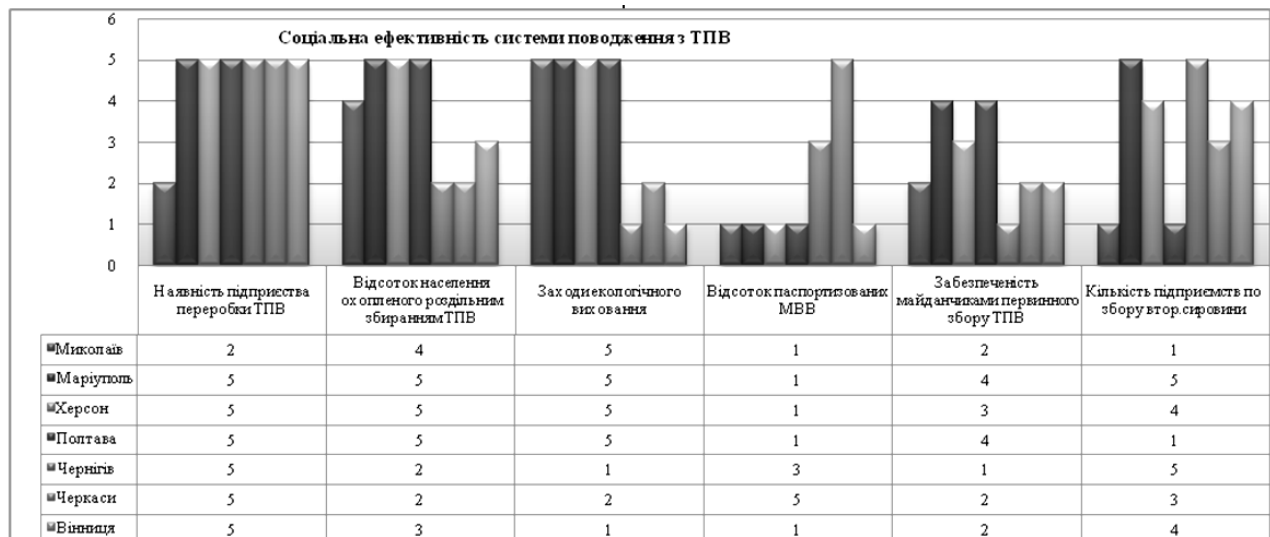
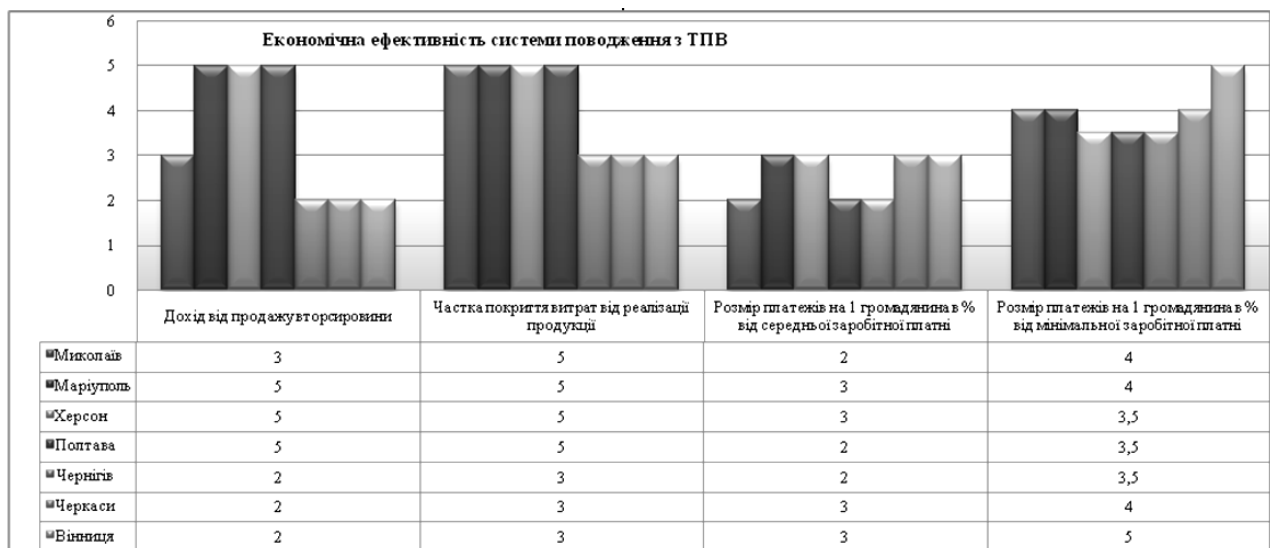
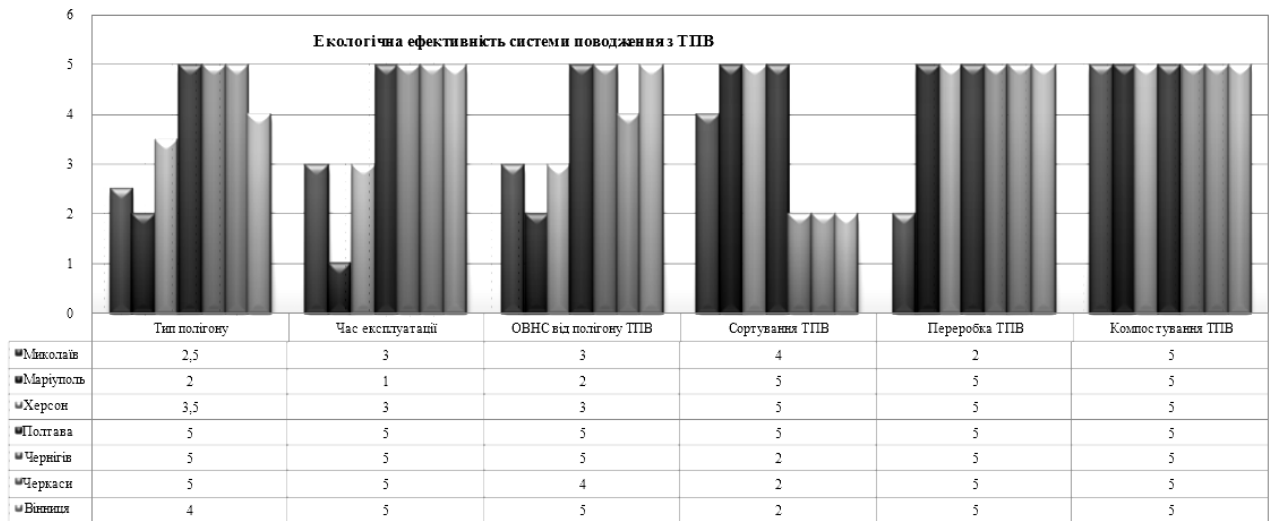


Рисунок 1 – Графіки шкальної оцінки економічного, екологічного та соціального аспекту системи поводження з ТПВ [3]

Таблиця 4 – Шкала оцінки системи поводження з ТПВ* [3].

№	Критерій	Характеристика системи поводження з ТПВ міст					
		Миколаїв	Маріуполь	Херсон	Полтава	Черніїв	Вінниця
Екологічні критерії							
Техногенний вплив полігону ТПВ на навколишнє середовище							
1	Тип полігону ТПВ	2,50	2,00	3,50	5,00	5,00	4,00
2	Час експлуатації полігону у відношенні до нормативного терміну та ступінь наповненості полігону	3,00	1,00	3,00	5,00	5,00	5,00
3	Оцінка впливу полігону ТПВ на зовнішнє середовище	3,00	2,00	3,00	5,00	5,00	5,00
Втрата ресурсного потенціалу відходів							
1	Кількість відходів, які сортуються	4,00	5,00	5,00	5,00	2,00	2,00
2	Кількість вторинних відходів, які піддаються переробці	2,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
3	Кількість органічних відходів, які компостуються	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Узагальнена оцінка по екологічній складовій							
		3,25	3,33	4,08	5,00	4,50	4,33
Економічні критерії							
Економічна ефективність							
1	Дохід від продажу потенційно можливої вторинної сировини	3,00	5,00	5,00	5,00	2,00	2,00
2	Частка покрити витрат на обслуговування системи управління відходами доходами від реалізації продукції	5,00	5,00	5,00	5,00	3,00	3,00
Тарифна доцільність							
1	Розмір платежів на 1 громадянина в % від середньої заробітної платні (у порівнянні з Європейським показником – 0,05%)	1,7%	2,00	1,7%	3,00	1,7%	2,00
2	Розмір платежів на 1 громадянина в % від мінімальної заробітної платні (у порівнянні з Європейським показником – 0,09%)	4,1%	4,00	4,1%	3,50	3,5%	3,50
Узагальнена оцінка по економічній складовій							
		3,50	4,25	4,13	3,88	2,63	3,25
Соціальні критерії							
Соціальна прийнятність							
1	Наявність підприємства переробки (об'єм лязково для міста з населенням 250 тис. чол)	2,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
2	Відсоток населення охопленого роздільним збиранням побутових відходів, %	4,00	5,00	5,00	5,00	2,00	3,00
3	Проведення заходів екологічного виховання	5,00	5,00	5,00	5,00	1,00	1,00
Соціальна рівність							
1	Відсоток паспортизованих місць видалення відходів	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00
2	Забезпеченість майданчиками первинного збору ТПВ	2,00	4,00	3,00	4,00	1,00	2,00
3	Кількість суб'єктів підприємницької діяльності, що здійснюють збирання, заготовлю відходів як вторинної сировини (нормативно 1 об'єкт на 20 тис. жителів)	1,00	5,00	4,00	1,00	5,00	4,00
Узагальнена оцінка по соціальній складовій							
		2,50	4,17	3,83	3,50	2,83	2,67
Ефективність системи							
1	Узагальнена оцінка	3,08	3,92	4,01	4,13	3,32	3,42
2	Ефективність	38%	21,6%	19,8%	17,4%	33,6%	31,6%

* Бали підраховані з використанням авторської методики [3].

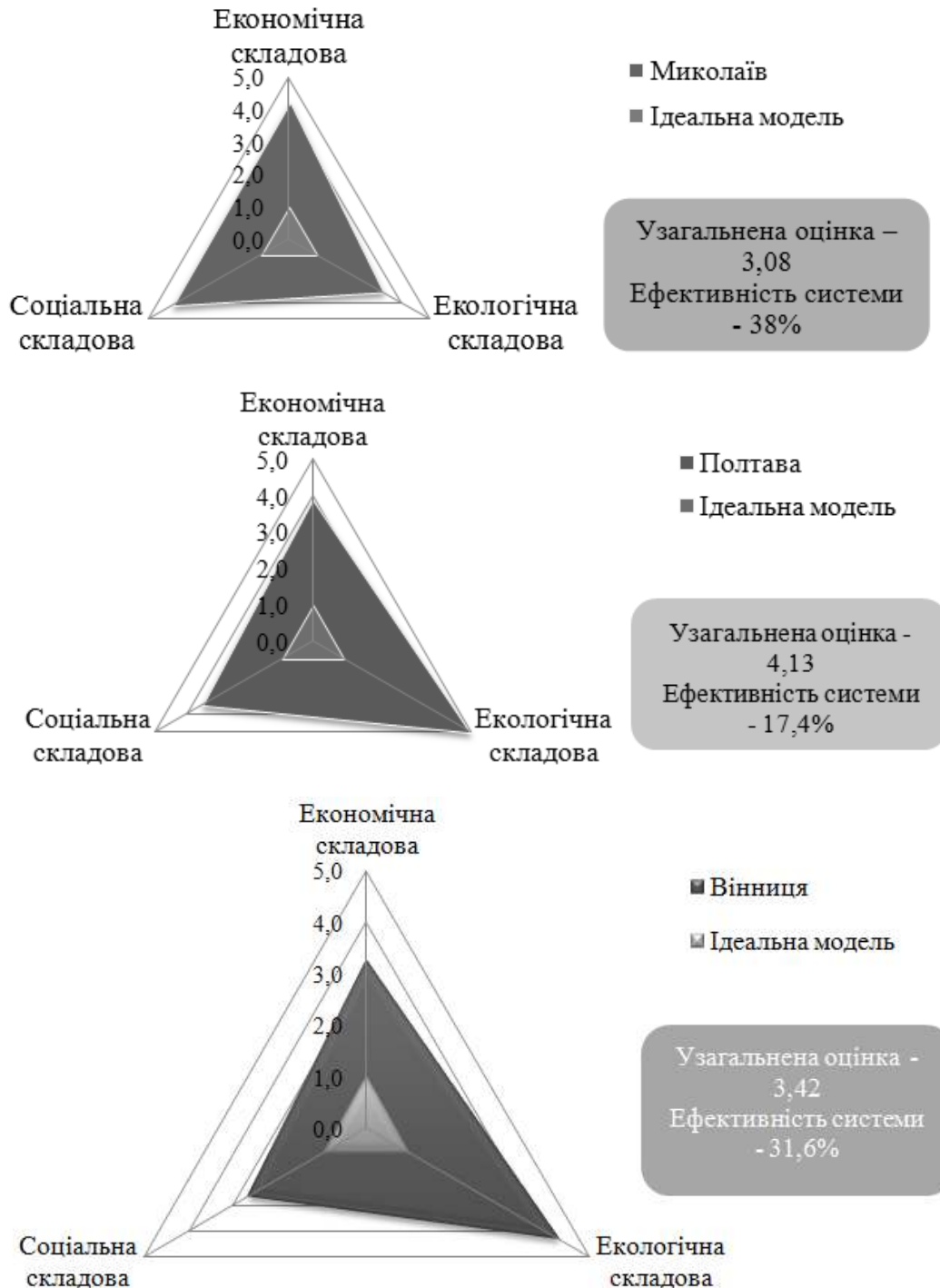


Рис. 2 – Графічна модель ефективності функціонування системи поводження з ТПВ у містах Миколаїв, Полтава та Вінниця

Згідно проведеного дослідження найефективніше системи поводження з ТПВ працюють у м. Миколаїв, м. Чернігів та м. Вінниця. Вцілому ефективність системи у Миколаєві складає 38% та потребує подальшого удосконалення. Проте незважаючи на схожу індексну оцінку, яку отримали міста, система кожного міста працює не однаково. Вінниця та Чернігів мають високу оцінку по економічній складовій, оскільки у них діє селективний первинний збір ТПВ, яким охоплено більше 60% населення. Також у містах функціонує сортувальна станція, а відсортовані ресурсоцінні фракції ТПВ йдуть на продаж виробничим підприємствам. У містах проводиться активна робота по підвищенню культури населення по поводженню з ТПВ – роздаються листівки, проводяться соціальні тематичні опитування інш, що суттєво впливає на соціальну складову системи. На протигагу Чернігову та Вінниці місто Миколаїв свою високу оцінку отримало через

екологічну складову. Так незважаючи, що у місті селективний збір майже не функціонує, у місті почало свою роботу підприємство по переробці ТПВ. Протягом наступних років місто планує повністю змінити систему утилізації з захоронення на полігоні на переробку, що сприятиме покращенню екологічної ситуації у регіоні.

Відповідно до графічних моделей можна зробити висновок, що екологічна складова поводження з ТПВ у вищезазначених міста не отримала широко застосування і потребує достатнього залучення коштів і уваги.

Обов'язково ставку потрібно зробити на соціальну ефективність функціонування системи поводження з ТПВ.

Висновки

- Вперше запропоновано графічну модель аналізу поводження з ТПВ. Було проаналізовано систему поводження з ТПВ за економічними, екологічними та соціальними критеріями. Складена наочна модель системи дала змогу порівняти існуючий стан системи з ідеалом і визначити перспективні шляхи удосконалення та розвитку системи поводження з ТПВ у міста.
- У більшості міст існує гостра необхідність звернути увагу на комплексне управління ТПВ, оскільки найефективніша система у м. Миколаїв отримала оцінку лише 38%. Звичайно на рівні України це найбільша оцінка, але система міста має ряд суттєвих недоліків.
- Серед порівнюваних міст найбільш ефективними у поводженні з ТПВ є система поводження з ТПВ у м. Миколаїв, м. Чернігів та м. Вінниця, що мають в своєму арсеналі достатньо розвинені екологічний та соціальний аспекти поводження з ТПВ. Найменш ефективною є система поводження з ТПВ у м. Полтава.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Яворовська О. В. Вдосконалення моделі поводження з ТПВ (на прикладі м. Вінниця) [Електронний ресурс] / І.Н. Дудар, О.В. Яворовська // XLIV регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково- дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області, 11-13 березня 2015 р. : тези доповідей. Режим доступу: <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2015/inbtegp/txt/yavorovska.pdf>.
2. Дудар І. Н. Втопимося в морі сміття? / І.Н. Дудар // Вінницькі відомості. – 2006, №12. – С. 5
3. Яворовська О. В. Децентралізована модель поводження з ТПВ: магістр. кваліф. робота: спец. 8.06010103 "Міське будівництво та господарство" / О.В. Яворовська – Вінниця, 2015. – 167 с.
4. В Україні 94% території забруднено. [Електронний ресурс] // Українська правда. – 2007. Режим доступу до ресурсу: <http://www.pravda.com.ua/articles/2007/03/7/7111133/>
5. Завал Садового. Чому Львів потрапив у сміттевий колапс. [Електронний ресурс] // Українська правда. – 2007. Режим доступу до ресурсу: <http://www.pravda.com.ua/articles/2016/06/8/7111160/>.
6. Зсув на звалищі поховав у тоннах сміття двох чоловіків. [Електронний ресурс] // ТСН – 2014. Режим доступу до ресурсу: <http://tsn.ua/ukrayina/zsuv-na-zvalischi-pohovav-u-tonnah-smittya-dvoh-cholovikiv-399176.html?authstate=6>
7. Інформація щодо проведеного моніторингу та аналізу ситуації на ринках поводження з побутовими відходами, їх перероблення та захоронення за 2015 рік [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. Режим доступу до ресурсу: http://www.nerc.gov.ua/data/filesearch//monitoryng_NKREKP_vidhody-2015.pdf
8. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень ДБН 360-92** — [Чинний від 1992-04- 17]. — К.: Держкоммістобудування, 1992 р., 142 с. — (Національний стандарт України).

Дудар Ігор Никифорович – д-р техн. наук, професор кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: indudar11@gmail.com

Яворовська Ольга Василівна – аспірант, кафедра будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: olhaiavorov@gmail.com

I. Dudar

O. Iavorovska

DIAGNOSTICS OF THE SYSTEM OF SOLID MUNICIPAL WASTE HANDLING

Vinnitsia National Technical University

The article is devoted to methods of assessing the effectiveness of the system of solid household waste (hereinafter, SHW). Criteria of economic, environmental and social aspect of the system is detail evaluationed. On the basis of this method constructed a graphical model of the system of solid waste management that shows its effectiveness and can be used in practice to improve the system in modern conditions.

Key words: *system of solid waste management, graphical model, diagnostics of the system.*

Igor Dudar – Doctor of Technical Sciences (Ph. D.), Professor of the Department of construction, urban management and architecture, Vinnytsia National Technical University, e-mail: indudar11@gmail.com.

Olga Iavorovska – postgraduate student, Department of construction, urban management and architecture, Vinnytsia National Technical University, e-mail: olhaiavorov@gmail.com.

И. Н. Дударь

О. В. Яворовская

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ

Винницкий национальный технический университет

Статья посвящена рассмотрению методики оценки эффективности системы обращения с твердыми бытовыми отходами (далее – ТБО). Подробно рассматриваются оценочные критерии по экономическом, экологическом и социальном аспекте системы. На основании этого метода построено графическую модель системы обращения с ТБО, что показывает ее результативность и может использоваться на практике для улучшения работы системы в современных условиях.

Ключевые слова: *система обращения с ТБО, графическая модель, диагностика состояния системы.*

Дударь Игорь Никифорович - д-р техн. наук, профессор кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры, Винницкий национальный технический университет, e-mail: indudar11@gmail.com.

Яворовская Ольга Васильевна - аспирант, кафедра строительства, городского хозяйства и архитектуры, Винницкий национальный технический университет, e-mail: olhaiavorov@gmail.com.