

**Anna Kovpak, Student of 4<sup>th</sup> year study**

**Vita Strokhal, Cand. Sci. (Pedagogical), Associate Professor**

*National University of Life and Environmental Science of Ukraine, e-mail:  
vita.strokhal@gmail.com*

**MECHANISMS OF UTILIZING SOLID HUMAN WASTE  
AT THE LOCAL LEVEL AS A KEY INSTRUMENT  
TO PROTECT BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SOILS**

*Solid domestic waste is an issue in many areas. This was different many years ago when human activities did not generate domestic waste. That time people used products from nature with minimum environmental impacts. However, the rapid urbanization and use of man-made products have generated considerable amounts of domestic solid waste. This all has led to impacts on society. Examples are emerged large-scale epidemic diseases from rats, bugs, fleas etc. In addition, the waste incineration plants are often today unable to process large amounts of the waste. Garbage polygons are overloaded by the organic and inorganic waste. As a result, a lot of waste is illegally stored at such polygons. Therefore, the main motivation of this study is in discussing mechanisms of how to utilize the solid domestic waste at local levels and in providing recommendations to reduce the amount of the waste.*

*The main aim was to discuss mechanisms of utilizing solid domestic waste in Kyiv city, Ukraine. The object of this research was the analysis of the system to sort and recycle solid domestic waste in Kyiv. The subject of this research was development of a model for the integrated disposal of the solid domestic waste at local levels. To reach the main aim, several tasks were formulated: to discuss theoretically the morphological composition of the waste in Kyiv, to determine ways of waste accumulation, to develop a model for an integrated utilization of the waste at the local level like Kyiv and to justify mechanisms of this model. During the research, several methods were used. This includes observations, statistics and a theoretical analysis.*

*The results show that 85 % of the solid waste requires burying and recycling in Kyiv. It was determined that polygon 5 is overloaded and thus organic waste is no longer possible to utilize in that polygon. Furthermore, the incineration plan "Energy" cannot handle the increasing amounts of the waste. Thus, we developed a model for an integrated utilization of the solid domestic waste. This model includes a novel bioremediation technologies from international experiences. The proposed model includes three main phases: sorting, utilization and re-use (recycling) of the waste.*

*The first, sorting phase includes distribution and sorting of the waste from residents according to the international criteria. In addition, this includes export of inorganic waste from polygons. Here, an important aspect is to increase the awareness of the society about sorting and utilizing waste.*

*The second, utilization phase includes the mechanisms of utilizing waste*

*from residents to the incineration plans. Here, we propose an automatic separation of the waste between organic and inorganic. We also propose ways to improve environmental conditions at the waste polygons via bioremediation. This method is essential in removing organic components of the waste, which are most dangerous. As a result, the polygons can maintain their function longer.*

*In the third, re-use (recycling) phase, we identified main ways of recycling the waste. One of the ways implies that after processing organic waste it is possible to obtain biogas and biofuel (for compost). Another way is to recycle inorganic waste. Inorganic waste such as paper, glass are the sources for generating electricity and heat energy.*

**Keywords:** *solid domestic waste, polygons, incineration plant.*

УДК 502.174

**А. В. Ковпак, студентка 4 курса**

**В. П. Строкаль, канд. пед. наук, доцент**

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,  
e-mail: vita.strokal@gmail.com*

## **МЕХАНИЗМ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА МЕСТНОМ УРОВНЕ КАК СПОСОБ СОХРАНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ**

*Актуальность темы исследования заключается в обосновании механизма утилизации твердых бытовых отходов на местном уровне и разработке путей уменьшения поступления бытовых отходов в целом. В ходе теоретического обоснования статистических данных фракционного состава бытовых отходов города нами установлено, что 85 % бытовых отходов требуют захоронения и переработки, а также определено, что полигон № 5 является перегруженным для дальнейшей утилизации органического мусора, а мусоросжигательный завод «Энергия» – не способен перерабатывать большое количество отходов. В связи с этим, нами была разработана модель комплексной утилизации твердых бытовых отходов на местном уровне, которая является механизмом внедрения технологии объемной биоремедиации, имплементации международного опыта мусороперерабатывающих заводов, внедрения полной рекультивации полигонов твердых бытовых отходов и их дальнейшего применения.*

**Ключевые слова:** *бытовые отходы, полигоны, завод.*

**А. В. Ковпак, студентка 4 курсу**

**В. П. Строкаль, канд. пед. наук, доцент**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
e-mail: vita.strokal@gmail.com*

## **МЕХАНІЗМ УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ НА МІСЦЕВОМУ РІВНІ ЯК ЗАСІБ ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТІВ**

*Актуальність теми дослідження полягає в обґрунтуванні механізму утилізації твердих побутових відходів на місцевому рівні та розробці шляхів зменшення надходження побутових відходів загалом. У ході теоретичного обґрунтування статистичних даних фракційного складу побутових відходів м. Києві нами встановлено, що 85 % побутових відходів потребують захоронення та переробки, а також визначено, що полігон № 5 є перевантаженим для подальшої утилізації органічного сміття, а сміттєспалювальний завод «Енергія» – неспроможний переробляти велику кількість відходів, що надходить. У зв'язку з цим, нами було розроблено модель комплексної утилізації ТПВ на місцевому рівні, яка є механізмом впровадження технології об'ємної біоремедіації, імплементації міжнародного досвіду сміттєпереробних заводів, упровадження повної рекультивациі полігонів ТПВ та їх подальшого застосування.*

**Ключові слова:** побутові відходи, полігони, завод.

**Вступ.** Тверді побутові відходи завжди утворювалися в результаті процесів життєдіяльності людини. Оскільки на ранніх етапах розвитку людське суспільство використовувало та споживало лише продукти природнього походження і проживало розосереджено, то тверді відходи мало йому дошкуляли. Інтенсивна урбанізація та використання значної кількості штучних речовин почали загострювати проблему твердих побутових відходів, що зумовило появу масштабних епідемій, спричинених їх переносниками (щурами, клопами, блохами тощо). Сміттєспалювальні заводи стали неспроможними перероблювати велику кількість сміття, а полігони – перенасичені органічними та неорганічними відходами, зумовили появу несанкціонованих сміттєзвалищ. Тож актуальність теми дослідження полягає в обґрунтуванні механізму утилізації твердих побутових відходів на місцевому рівні та розробці шляхів зменшення надходження побутових відходів загалом.

**Об'єкти та методи дослідження.** Мета дослідження полягала в обґрунтуванні механізму утилізації твердих побутових відходів у м. Києві. Об'єктом дослідження був аналіз системи сортування та утилізації ТПВ у м. Києві, предметом дослідження – розробка моделі комплексної утилізації ТПВ на місцевому рівні. Для досягнення мети було розроблено такі завдання:

теоретично обґрунтувати дані морфологічного складу ТПВ у м. Києві та визначити шляхи накопичення твердих побутових відходів; розробити модель комплексної утилізації ТПВ на місцевому рівні й обґрунтувати механізм її дії.

У ході здійснення досліджень було використано емпіричні методи дослідження: спостереження, аналіз, порівняння.

**Результати та обговорення.** Проблема побутових відходів з часом не просто не вирішується, а набуває все більшої гостроти, особливо на локальних рівнях (містах і селищах). Дані компанії «Waste Management System» свідчать про те, що середній показник умісту ТПВ в міських контейнерах складає: ресурсно-цінні відходи – 15 %; відходи, які необхідно захоронити або переробити – 85 %. Показники ресурсно-цінних відходів дещо завищені, тому що в них містяться такі відходи, як кульки, забруднені органікою і комбіновані упаковки, що дуже важко або практично неможливо реалізувати, а це близько 4% від загального обсягу ТПВ. Але навіть якщо прийняти це співвідношення, ми бачимо, що висока частка відходів вимагає переробки або утилізації, що є головною проблемою в побудові ефективної системи поводження з твердими побутовими відходами (Лимар, 2016).

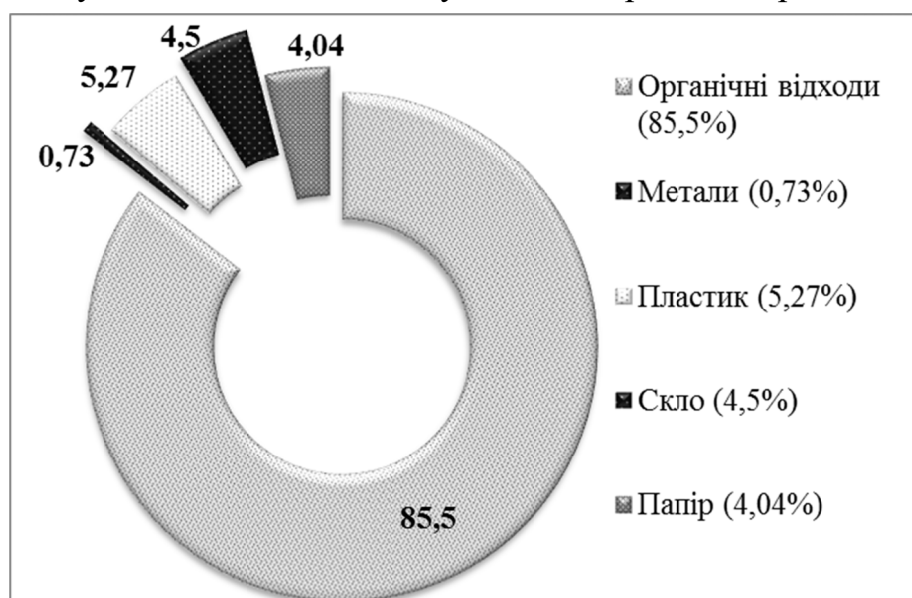
Кожного року кількість побутового сміття зростає, що у свою чергу ускладнює його вивезення на полігони та сміттєспалювальні заводи. Безперечним є той факт, що полігони перенавантажені, а заводи не встигають перероблювати сміття, оскільки їх потужності вистачає лише на 50-60 %.

Проаналізувавши фракційний склад побутових відходів м. Києва (рис. 1), ми бачимо, що органічні відходи становлять 85,5 % від загальної кількості ТПВ, а неорганічні – 14,5 % (метали – 0,73, пластик – 5,27, скло – 4,5, папір – 4,0). Сміттєві комплекси, що займаються утилізацією в м. Києві представлені сміттєспалювальним заводом «Енергія», де відбувається переробка лише 240 тис. т ТПВ на рік, що складає 20 % від загальної кількості побутових відходів, і полігони № 5 та № 6, що розміщені в межах м. Києва та Київської області. Якщо детальніше, то полігон № 6 слугує місцем утилізації будівельного сміття, тоді як полігон № 5 (63 га) слугує для захоронення 50 % побутового сміття м. Києва. Постає запитання: в які місця здійснюється вивіз решти 30 % ТПВ? На нашу думку, саме через брак полігонів, відсутність відповідних інноваційних технологій, а тому і неспроможність заводу «Енергія» переробляти великий об'єм сміття, утворюється все більше несанкціонованих сміттєзвалищ на території м. Київ і чим далі, тим показники будуть збільшуватися.

Беручи до уваги проблеми, що постали перед нами в ході дослідів і незадовільні статистичні показники, ми розробили покращену модель (рис. 2) комплексної утилізації ТПВ на місцевому рівні (м. Київ), яка, на нашу думку, повинна якнайкраще показати проблеми збору, вивезення та переробку сміття, а також очищення територій м. Київ. Модель містить три головних блоки: сортування, утилізацію та повторне використання ТПВ.

Перший блок «Сортування» передбачає початковий розподіл та сортування сміття від житлових комплексів, а також рекультивацію полігону, шляхом вивезення з полігону неорганічних відходів для вторинного використання та подальшим здійсненням біоремедіації території полігону. Провідними вченими (В. С. Прохоров, І. Б. Троцько, В. В. Третьяков) було розроблено патент № 59841

«Спосіб біоремедіації полігонів твердих побутових відходів» (Патент № 59841, 2012), відповідно до якого, спосіб біоремедіації полігонів твердих побутових відходів, містить операцію рекультивації полігона твердих побутових відходів, шляхом біологічного знешкодження органічних екотоксикантів ґрунту, де першим етапом проводять активацію аборигенної мікрофлори з одночасним внесенням до полігону компонентів з базовою основою біорозчинів глюкози, ензимів, поверхнево-активних речовин, іммобілізаторів із заздалегідь очищеним, шляхом пропускання через реактор очищення, фільтратом, з одночасним осадженням мулу і створенням оптимального середовища для розвитку мікроорганізмів (Патент № 59841, 2012). Застосування біоремедіації полігону дозволить використовувати цю територію у сільському господарстві і для повторного захоронення органічних відходів. На нашу думку, найпродуктивнішим вирішенням буде завозити на полігон лише органічне сміття (неорганічну складову відходів вивозити на заводи для подальшої переробки). Таким чином, збільшиться потужність самого полігону щодо захоронення органічного сміття.



**Рис. 1. Розподіл фракційного складу (%) побутових відходів міста Києва (за даними компанії «Waste Management System»)**

Важливим аспектом цього блока є застосування у житлових комплексах контейнерів для сортування сміття, а також усвідомлення самих жителів щодо необхідності й важливості сортування сміття. Перед запровадженням цієї моделі на місцевому рівні потрібно визначити рівень екологічної освіченості населення щодо питань сортування та утилізації ТПВ, і їх шкоди навколишньому середовищу. Провести тренінги з населенням щодо вимог до сортування твердих побутових відходів та їх утилізації.

Під час дослідження виникло питання щодо укладання договорів з підприємствами, які мали б можливість вивозити вже сортовані відходи на полігони та сміттєспалювальні заводи. В Україні є одна компанія ТОВ «Waste management Systems», яка займається збором, вивозом і переробкою відходів відповідно до всіх вимог з урахуванням вимог до сортування. Діяльність компанії поширюється на всю територію України, зокрема й на місцевий рівень. Іншими

представниками є компанії «Екосервіс груп» та «КрамарЕко», які займаються вивезенням сміття на полігони та сміттєспалювальні заводи на території Києва та Київської області, проте у складі подібних компаній застаріла матеріально-технічна база й вивіз здійснюється без сортування сміття, а отже, і без подальшої переробки.

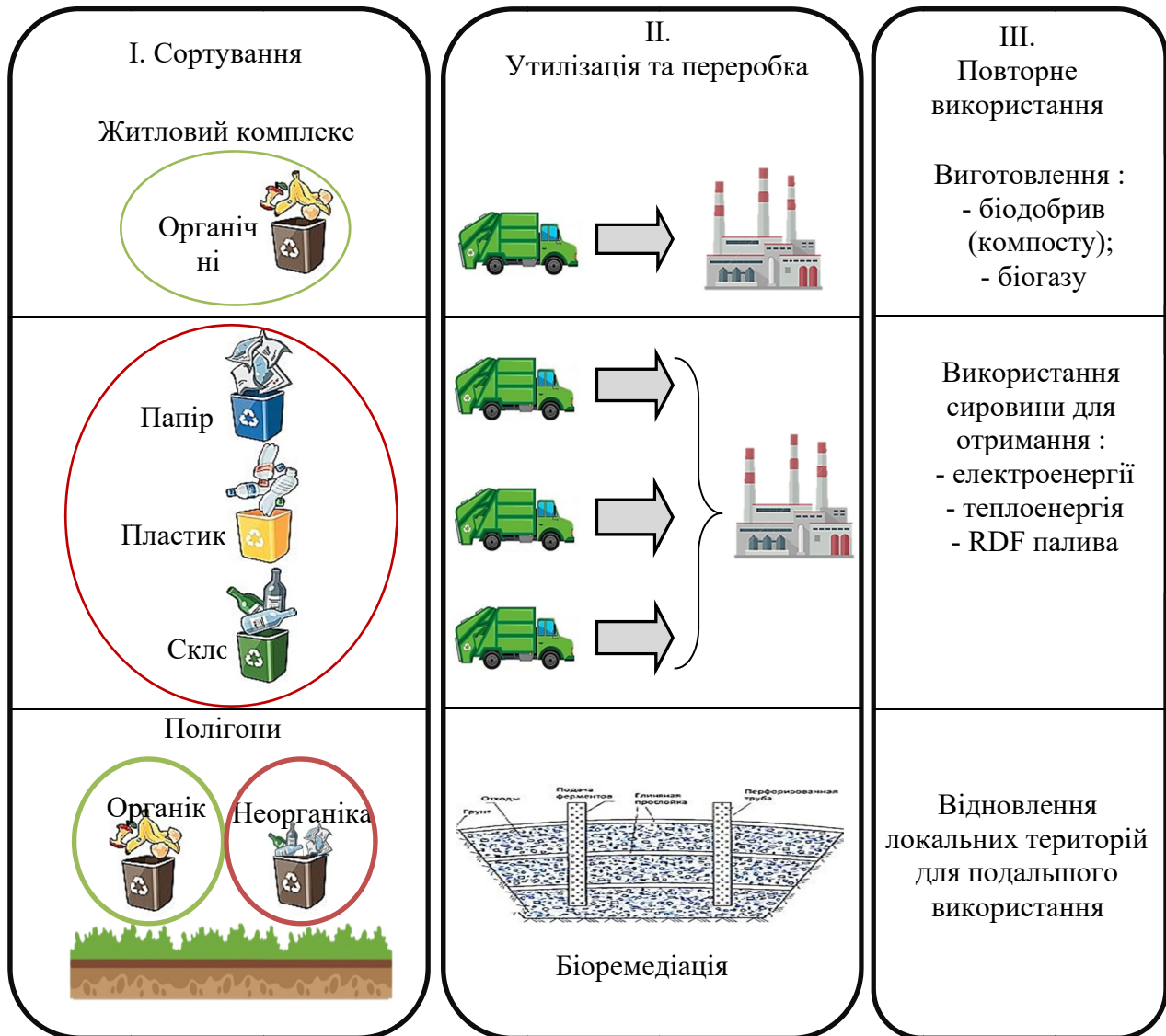


Рис. 2. Модель комплексної утилізації ТПВ на місцевому рівні (власна розробка)

Другий блок «Утилізація та переробка» є кульмінаційним у показаній моделі. Київ уже не один рік намагається впроваджувати власні варіанти й досвід інших країн у поводженні з небезпечними побутовими відходами. Останніми роками хоч і намітилися позитивні тенденції у сфері державного регулювання системи поводження з відходами, але і дотепер в Україні не створено відповідної нормативно-правової бази, яка б поступово наближалася до вимог європейського законодавства. Невідповідність між прогресуючим накопиченням відходів і заходами, спрямованими на запобігання їх створення, утилізацію, знешкодження і видалення, загрожує не тільки поглибленню екологічної кризи, але й загостренню соціально-економічної ситуації.

Ми знаходимося на стику часів, коли просте вилучення загального сміття з житлових комплексів і вивезення його на полігони не тільки не вирішує проблеми, а й призводить до глобального накопичення не перероблених ТПВ, включаючи небезпечні. Ось чому ми розробили механізм роздільної утилізації ТПВ, що надходять до сміттеперероблювальних заводів з житлових масивів, а також запропонували заходи спрямовані на покращення екологічної ситуації на полігоні № 5 м. Києва. На цьому етапі пропонуємо проводити автоматичне відділення органічної та неорганічної фракції. З органічної частини, після її переробки, можна видобувати біогаз та виробляти біодобриво. Основними макрокомпонентами газу, що утворюється в процесі розпаду органічного сміття на сміттєзвалищах, є метан ( $\text{CH}_4$ ) та діоксид вуглецю ( $\text{CO}_2$ ). Кожна тонна органічного сміття може дати  $300\div 800 \text{ м}^3$  біопалива. Біопаливо – це суміш метану, вуглекислого газу, азоту та водяного пару. Таке біопаливо використовується для отримання з нього тепло- та електроенергії та подальшого їх продажу на умовах «зеленого тарифу» і використання для власних потреб (Методика утилізації полігонів ТПВ, 2010). Органічно-гумусні добрива, що отримуються як побічний продукт метанового бродіння біогазової установки не мають у своєму складі патогенних організмів та насіння бур'янів, та можуть бути використані і для власних потреб, і для продажу.

Неорганічну ж частину сміття пропонуємо сортувати на такі складові для вторинної переробки: пластикові вироби, вироби зі скла та макулатура. Отримана вторинна сировина відправляється на пресо-пакувальну установку для подальшої індивідуальної переробки. Після ручного сортування залишкове неорганічне сміття проходить через магнітні та немагнітні детектори, з метою відокремлення чорних та кольорових металів, твердих мінеральних речовин. Усі види отриманої вторинної сировини поетапно подрібнюють до фракції 10-50 мм (залежно від вимог замовника), миють, пресують і пакують у тюки з метою подальшої переробки, продажу або використання для власних потреб.

Енергетичний генеруючий комплекс є основною виробничою одиницею цієї методології. Його наявність у складі комплексного заводу з переробки та утилізації ТПВ дозволяє вирішити такі завдання, зокрема виконати функцію когенераційної установки під час видобутку біогазу; генерувати теплову енергію для виготовлення компосту; виконати утилізацію всіх горючих складових ТПВ (окрім небезпечних відходів). Ресурсом отримання додаткової енергії також є RDF (Refuse Derived Fuel) паливо, яке отримуємо з залишкового сміття після всіх етапів сортування, яке не підлягає вторинній переробці, зазвичай – до 50 % всього сміття. RDF-паливо отримується шляхом подрібнення, сепарації, видалення забруднюючих елементів та подальшого зневодненням первинного RDF-палива. Отримане RDF-паливо використовують для виробництва тепло- та електроенергії й подальшого їх продажу на умовах «зеленого тарифу» і використання для власних потреб.

Фінальною частину другого блоку відведено під не менш важливу проблему, а саме: способу утилізації полігонів твердих побутових відходів шляхом триетапної переробки – біоремедіації, що на першому етапі містить установлення та з'єднання між собою в систему споряджених вертикальними

перфорованими ділянками труб, крізь які подають біопрепарати для знезаражування та знищення органічної складової сміття без екскавації, а на другому етапі метал, скло, каміння, рештки будівельних матеріалів сортують і транспортують на подальшу переробку, при цьому на третьому етапі смітник утрамбовують і засипають шаром ґрунту. Як біопрепарати використовують ензими, що подають під пульсуючим тиском, а перфоровані вертикальні ділянки труб розташовують у шаховому порядку по всій площі полігону. Цей метод є вже випробуваним, дозволеним та регульованим такими країнами світу, як Польща, Південна Корея, країни СНД, та характеризується прискоренням природних процесів біодеградації по всьому об'єкту забруднення, що забезпечує гарантоване відновлення функцій ґрунтів протягом одного вегетаційного сезону, а саме: за 15-20 днів повністю зникає неприємний специфічний запах; через 40 днів зникають комахи, гризуни, йдуть тварини; через 60-90 днів об'єм полігону зменшується на 30-50 %; через 120 припиняються викиди CO<sub>2</sub> в атмосферу (Методика утилізації полігонів ТПВ, 2010).

Третій блок «Повторне використання» має шляхи використання вже переробленої сировини в подальшому. Так, в ході переробки органічних відходів отримуємо такі продукти, як біогаз та біодобриво. Система анаеробного оброблення (зброджування) органічної речовини (харчових відходів, відходів рослинного походження тощо), що є у складі ТПВ містить: систему конвеєрів, бункер-приямок, подрібнювальне обладнання, проціджувачі, насоси, метантенкок, газгольдери, теплообмінники, обладнання для очищення біогазу. Усі органічні відходи, що надходять на підприємство, мають проходити дозиметричний контроль відповідно до вимог.

Якщо є потреба в компості, або ж виробництво біогазу є не рентабельним, чи малий об'єм його видобутку не дозволяє запустити об'єкт енергогосподарства, то доцільно використовувати технологію промислового або відкритого біотермічного перероблення органічних відходів (компостування). Система біотермічного перероблення органічних відходів з отриманням компосту передбачає: систему конвеєрів, бункер-приямок, подрібнювальне обладнання для подрібнювання органічної речовини, яка є у складі ТПВ, біобарабани (або біотермічні камери, котловани, ділянки чи штабелі), подрібнювальне обладнання для подрібнювання компосту з магнітним сепаратором, грейферний кран. Готовий компост є кінцевим продуктом для реалізації.

Після проходження всіх етапів сортування та відокремлення органічних відходів із загальної маси ТПВ, залишок розділяється на такі неорганічні фракції (групи): горючі та негорючі. Залежно від виробничої спрямованості комплексу з переробки та утилізації ТПВ, горючі фракції відправляються на пакування і реалізацію як вторинна сировина, або направляються на виготовлення RDF-палива з його подальшою термічною утилізацією для отримання теплової та/або електричної енергії. Негорючі відходи складаються та реалізуються як вторинна сировина. Відходи, що не можуть бути реалізовані, подрібнюються і складаються для подальшої передачі підприємствам як підсипка.

**Висновки.** У ході теоретичного обґрунтування статистичних даних фракційного складу побутових відходів м. Києва встановлено, що 85 % побутових



відходів потребують захоронення та переробки, а також визначено, що полігон № 5 є перевантаженим для подальшої утилізації органічного сміття, а сміттєспалювальний завод «Енергія» – неспроможний переробляти велику кількість відходів, що надходить.

У зв'язку з цим, нами було розроблено модель комплексної утилізації ТПВ на місцевому рівні, яка є механізмом впровадження технології об'ємної біоремедіації, імплементації міжнародного досвіду сміттєпереробних заводів, упровадження повної рекультивации полігонів ТПВ та їх подальшого застосування. Запропонована модель має три блоки, зокрема сортування, утилізацію й повторне використання ТПВ. Обґрунтовано, що перший блок «сортування» передбачає початковий розподіл та сортування сміття від житлових комплексів відповідно до міжнародних вимог, а також вивезення неорганічних відходів із полігонів. Установлено, що важливим аспектом цього блоку є підвищення рівня екологічної освіченості населення щодо питань сортування й утилізації ТПВ.

У процесі розробки та обґрунтування другого блоку моделі «утилізація та переробка ТПВ» нами запропоновано механізм роздільної утилізації ТПВ до сміттєперероблювальних заводів з житлових масивів з автоматичним відділенням органічної та неорганічної фракції, а також способи покращення екологічної ситуації на полігоні шляхом застосування біоремедіації території полігону. Застосування об'ємної біоремедіації в запропонованій моделі дозволяє прибрати органічну (найбільш небезпечну!) складову полігону ТПВ без ескавації та подовжити термін експлуатації полігону.

У третьому блоці запропонованої моделі «Повторне використання» ми визначили основні шляхи використання переробленої сировини в подальшому. Обґрунтовано, що в ході переробки органічних відходів отримуємо такі продукти, як біогаз та біодобриво (для компосту). Неорганічні відходи – папір, скло, пластик – є джерелом сировини для отримання електроенергії, теплоенергії, RDF-палива.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

**Методика утилізації** полігонів ТПВ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nbtr.com.ua/uk>.

*"Method of disposal of solid waste landfills", Electronic resource, Access mode: <http://nbtr.com.ua/uk>.*

**Лymar Олександр.** Що ми викидаємо у сміття і чи можна це переробити? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://biz.nv.ua/ukr/experts/lymar\\_o/shcho-mi-vikidajemo-v-smittja-1472077.html](http://biz.nv.ua/ukr/experts/lymar_o/shcho-mi-vikidajemo-v-smittja-1472077.html).

*Lyamar Alexander, "What do we throw in the rubbish and can it be recycled?", Electronic resource, Access mode: [http://biz.nv.ua/ukr/experts/lymar\\_o/shcho-mi-vikidajemo-v-smittja-1472077.html](http://biz.nv.ua/ukr/experts/lymar_o/shcho-mi-vikidajemo-v-smittja-1472077.html).*

**Патент № 59841. Спосіб біоремедіації** полігонів твердих побутових відходів / В. С. Прохоров, І. Б. Троцько, В. В. Третьяков. – Державний департамент інтелектуальної власності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uapatents.com/5-100075-sposib-bioremediaci-poligoniv-tverdikh-pobutovikh-vidkhodiv.html>.

*Prokhorov V. S., Trotsko I. B., Tretyakov V. V., "Patent No. 59841. Method of Bioremediation of Solid Waste Landfills. / – State Department of Intellectual Property", Electronic resource, Access mode: <http://uapatents.com/5-100075-sposib-bioremediaci-poligoniv-tverdikh-pobutovikh-vidkhodiv.html>.*