

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-57-16>

УДК 628.4.03:620.952

МОДЕЛЬ ЕФЕКТИВНОГО БІОЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ІНДИВІДУАЛЬНИХ КОРИСТУВАЧІВ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ПОВОДЖЕННЯ З ТПВ

MODEL OF EFFECTIVE BIOENERGY MANAGEMENT OF HOUSEHOLD WASTE OF INDIVIDUAL USERS FOR EFFECTIVE MANAGEMENT OF MSW

Токарчук Діна Миколаївна

кандидат економічних наук, доцент,
Вінницький національний аграрний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6341-4452>

Tokarchuk Dina

Vinnitsia National Agrarian University

Метою статті є розробка моделі ефективного біоенергетичного менеджменту побутових відходів індивідуальних користувачів в Україні. Розглянуто трактування категорії «побутові відходи». Зроблено аналіз стану сфери поводження з побутовими відходами в Україні та динаміки утворення відходів домогосподарствами. Проаналізовано морфологічний склад побутових відходів на прикладі Вінницької області, м. Львів та м. Полтава; загальна тенденція – у складі побутових відходів переважають органічні. Визначено необхідність їх виділення в окремий потік через сортування. Виділено напрями вдосконалення системи сортування побутових відходів в Україні. Запропоновано модель ефективного менеджменту відходів домогосподарств. Представлено розроблену модель ефективного біоенергетичного менеджменту побутових відходів індивідуальних користувачів, яка передбачає використання органічної фракції відходів на виробництво біопалив: біогазу та пелетів/брикет, а також постачання важкосортованих відходів до спеціалізованих підприємств з виробництва твердих відновлюваних палив – RDF.

Ключові слова: відходи, побутові відходи, ТПВ, біоенергетичний менеджмент, біогаз, тверді біопалива, RDF.

The purpose of the article is to develop a model of effective bioenergy management of household waste of individual users in Ukraine. The interpretation of the “household waste” category is considered. An analysis of the state of the field of household waste management in Ukraine was made, and the dynamics of waste generation by households in dynamics was separately investigated. It was determined that the volumes of waste generated by individual users are increasing, which poses a threat to the surrounding natural environment in case of their improper management. The morphological composition of household waste was analyzed on the example of the Vinnitsia region, depending on the place of residence (rural or urban area) and the nature of housing (private sector or multi-storey building). To expand the geography of the study, a comparison of the morphological composition of household waste samples in the cities of Lviv and Poltava is shown. The general trend of the studied samples is that organic wastes predominate in the composition of household waste. The need to separate them into a separate stream through sorting is determined. Areas of improvement of the household waste sorting system in Ukraine are highlighted. A model of effective household waste management is proposed, which is based on the sorting and selection of: resource-valuable components that are subject to further recycling; non-resource-valuable components that are taken to landfills; hazardous waste that is disposed of; organic component, which is subject to bioenergy recycling and difficult-sorted waste, which is subject to energy recycling or landfill. The developed model of effective bioenergy management of household waste of individual users is presented, which involves the use of the organic fraction of waste for the production of biofuels: biogas and pellets/briquettes, as well as the supply of difficult-sorted waste to specialized enterprises for the production of refuse-derived fuel – RDF. Various possible options for organizing the production of biofuels from household waste have been identified: individual installations for one household, joint installations for 2–3 households, organization of a biofuel cooperative of households.

Key words: waste, household waste, MSW, bioenergy management, biogas, solid biofuels, RDF.

Постановка проблеми. Проблема надмірного утворення і накопичення відходів в Україні існує вже протягом тривалого часу. Екологічні проблеми через відходи, з якими стикається Україна, схожі з тими, що мали майже усі країни Європейського Союзу 30–40 років тому, і які успішно були подолані. Сучасні екологічні стандарти, які діють у країнах ЄС, повинні слугувати Україні важливим вказівником, оскільки вони відкривають можливість підвищити якість життя завдяки встановленню високих стандартів щодо чистоти довкілля. Для успішного вирішення проблем ефективного управління відходами нашої країні необхідно переймати європейський досвід біоенергетичного менеджменту відходів з отриманням енергетичних ресурсів. Це особливо важливо сьогодні, коли в умовах воєнного стану та бойових дій на значній території нашої країни ми відчуваємо подорожчання традиційних енергоносіїв та час від часу виникає їх дефіцит.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання поводження з відходами та їх енергетичне використання досліджується багатьма вченими, серед яких І. В. Гончарук [1], Я. В. Гонтарук [1; 2], К. В. Мазур [2], М. М. Орфанова [10], Я. В. Паламаренко [3], Н. В. Пришляк [3] та ін.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Сьогодні існує нагальна потреба у подальших дослідженнях енергетичного використання відходів, оскільки з початком повномасштабного російського вторгнення в Україну з одного боку – збільшилися обсяги утворення побутових відходів у регіонах, куди передислокувалася частина населення з окупованих областей, з іншого – виникла потреба в альтернативних шляхах забезпечення енергетичних потреб.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є формування моделі ефективного біоенергетичного менеджменту побутових відходів із отриманням енергетичних ресурсів, що зробить свій вклад в побудову екологічнобезпечної та енергетично незалежної країни та сприятиме ефективному менеджменту ТПВ індивідуальних користувачів (домогосподарств).

Виклад основного матеріалу дослідження. Відходи, які утворюються у процесі життя та діяльності людини в житлових і нежитлових будинках, називають побутовими. За визначенням побутові відходи – це тверді, великогабаритні, ремонтні, рідкі (крім тих, які пов'язані з виробничою діяльністю підпри-

ємств) відходи, які не використовуються за місцем їх накопичення [4].

У дослідженні ми зупинимося на твердих побутових відходах, що продукуються домогосподарствами.

У населених пунктах України за 2022 рік утворилось майже 39 млн. м³ побутових відходів, або понад 7 млн. т, які захоронюються на 5,7 тис. сміттєзвалищ і полігонів загальною площею майже 8 тис. га згідно отриманих даних, наданих обласними військовими адміністраціями без урахування відомостей щодо тимчасово окупованих територій, а також більшості східних та південних регіонів України, які через військову агресію з боку російської федерації не мали можливості надати повну інформацію щодо статистичних даних у цій сфері, оскільки частина територій була деякий час окупованою або ж і наразі залишається окупованою чи такою, на території якої ведуться бойові дії, через що збір даних на цих територіях є неможливим [5].

Аналізуючи динаміку утворення відходів домогосподарствами в Україні в довоєнний період (рис. 1), бачимо тенденцію до збільшення обсягів з 2018 року.

Якщо врахувати, що чисельність населення загалом зменшується, можемо зробити висновок про те, що обсяги утворення відходів домогосподарствами на 1 особу зростають.

У 2022 році майже 80% населення України охоплено послугами з вивезення побутових відходів; перероблено та утилізовано близько 9,9% побутових відходів, з них: 1,66% спалено, а 8,24% побутових відходів потрапило на заготівельні пункти вторинної сировини та сміттєпереробні лінії. Кількість перевантажених сміттєзвалищ становить 163 од. (2,8%), а 693 од. (12%) не відповідають нормам екологічної безпеки. Через неналежну систему поводження з побутовими відходами в населених пунктах, як правило у приватному секторі, у звітному році виявлено 14,7 тис. несанкціонованих звалищ, що займають площу 0,6 тис. га, з них ліквідовано у 2022 році 12,4 тис. несанкціонованих звалищ площею 0,36 тис. га [5].

Важливе значення має морфологічний склад твердих побутових відходів, оскільки він визначає можливі напрями подальшого їх ефективного менеджменту. Згідно з інформацією, отриманою з літературних джерел і досвіду проведення досліджень у різних населених пунктах України, ТПВ можуть включати, в середньому, до 45% харчових відходів, приблизно 20% паперу, 15% різних полімерів,

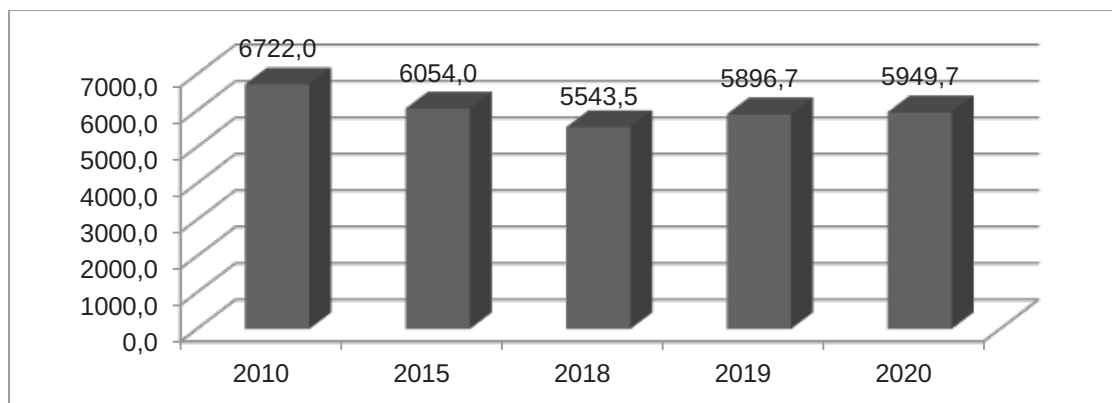


Рис. 1. Динамка утворення відходів домогосподарствами в Україні, 2010-2020 рр., тис. т

Джерело: побудовано за [6]

від 8 до 20% скла, від 1,5 до 5% деревини та чорних металів і т.д.

Склад ТПВ, що утворюються домогосподарствами, різняться в залежності від місця проживання (міська чи сільська місцевість) та характеру житла (поверхова забудова чи приватний сектор). Проілюструємо це на прикладі Вінницької області (табл. 1, 2).

Аналіз показав, що у Вінницькій області в структурі ТПВ переважають органічні відходи, їх частка у містах з поверховою забудовою є дещо вищою (43–44%), ніж у сільській місцевості (33%).

Громадські організації м. Полтава та м. Львів також проводили дослідження щодо морфологічного складу ТПВ. ГО «Нуль

відходів Львів» досліджувала морфологічний склад змішаних відходів у ОСББ «Хвильового З8». Вони розділяли вміст контейнерів на ресурсоцінні відходи (пластик, метал, скло, комбінована упаковка, папір та картон), органічні відходи, санітарні (засоби гігієни), небезпечні відходи та нересурсоцінні відходи.

ГО «Еколтава» проводили дослідження згідно діючих методичних рекомендацій з визначення морфологічного складу побутових відходів, затверджених 2010 року [8]. Їх аналіз був менш деталізований, ніж у ГО «Нуль відходів Львів», тому для порівняння було взято лише масові частки відходів. Зокрема, це: харчові відходи, папір і картон, полімери (весь пластик без поділу на ресур-

Таблиця 1

Склад ТПВ, що утворюються домогосподарствами у містах (поверхова забудова), Вінницька область, 2019 р.

Компонент відходів	Обласний центр (поверхова забудова)			Міста (поверхова забудова)		
	Середнє значення	Діапазон зміни		Середнє значення	Діапазон зміни	
		мін.	макс.		мін.	макс.
Органічні відходи (харчові, рослинні)	43%	37,38%	48,48%	44%	29,00%	61,63%
Папір, картон	8%	6,13%	9,00%	9%	5,68%	16,00%
Метал	1%	1,10%	2,28%	2%	0,80%	2,28%
Полімерна упаковка	11%	10,28%	12,00%	10%	6,18%	13,50%
Скло	9%	7,43%	11,00%	8%	5,98%	15,00%
Небезпечні відходи	1%	0,30%	0,85%	1%	0,29%	0,53%
Інше	27%			26%		
Усього	100%			100%		

Джерело: [7]

Таблиця 2

**Склад ТПВ, що утворюються домогосподарствами у містах (приватна забудова)
та сільській місцевості, Вінницька область, 2019 р.**

Компонент відходів	Обласний центр (приватна забудова)			Міста (приватна забудова)			Сільські населені пункти		
	Середнє значення	Діапазон зміни		Середнє значення	Діапазон зміни		Середнє значення	Діапазон зміни	
		мін.	макс.		мін.	макс.		мін.	макс.
Органічні відходи (харчові, рослинні)	39%	37,10%	40,18%	43%	19,00%	67,80%	33%	19,30%	53,00%
Папір, картон	6%	5,63%	7,00%	6%	6,14%	7,00%	5%	1,23%	9,40%
Метал	3%	1,20%	4,25%	1%	0,65%	1,10%	2%	0,90%	3,80%
Полімерна упаковка	7%	6,60%	8,00%	9%	4,68%	13,00%	7%	1,40%	10,00%
Скло	11%	4,08%	18,00%	14%	6,31%	21,00%	10%	3,00%	24,00%
Небезпечні відходи	1%			1%	0,60%	1,39%	1%	0,03%	1,70%
Інше	33%			26%			42%		
Усього	100%			100%			100%		

Джерело: [7]

соцінний чи ні), скло, чорні і кольорові метали, текстиль, дерево, небезпечні відходи, кістки, шкіра, гума, залишок твердих побутових відходів після вилучення компонентів, дрібне будівельне сміття, каміння, вуличний змет [9]. Результати порівняння представлено на рис. 2.

Таким чином, органічна фракція відходів займає найбільшу частину у ТПВ, що продукується домогосподарствами. Для ефективного менеджменту відходів, у першу чергу, необхідно налагодити систему їх роздільного збору та сортування, а також організацію системи пунктів збору вторинної сировини. І найголовніше – відокремити органічну складову ТПВ або за допомогою контейнерів, або за допомогою пакетів для відходів відповідного кольору.

Для організації успішного сортування побутових відходів в Україні необхідне наступне:

- еколого-просвітницька робота з різними верстами населення;
- удосконалення контейнерної системи збору ТПВ в усіх населених пунктах, закладах освіти, торговельних комплексах, закладах соціальної інфраструктури та зонах відпочинку;
- збільшення кількості стаціонарних пунктів збору вторинної сировини;

– організація пересувних пунктів збору неспецифічних відходів [10, с. 36].

Якісне сортування відходів – запорука їх ефективного подальшого менеджменту. Відображена на рис. 3 модель поводження з сортованим побутовими відходами домогосподарств показує можливі напрями їх корисного використання та утилізації.

Так, ресурсоцінна частина сортованих відходів (папір, пластик, метал, скло) має підлягати вторинній переробці (рециклінгу) спеціалізованими підприємствами. А органічну частину відходів та важкосортовані відходи доцільно використовувати в енергетичних цілях.

Органічні відходи домогосподарств представлені харчовими відходами (відходи фруктів і овочів, яєчна шкаралупа, залишки їжі тощо), відходами присадибних ділянок рослинного походження (скошена трава, квіти, залишки вирощуваних сільськогосподарських культур тощо) та тваринного походження (гній утримуваних у домогосподарствах тварин, пташиний послід), деревними відходами (обрізки саду, залишки меблів) та змішаними відходами з певною часткою органіки.

Модель ефективного біоенергетичного менеджменту побутових відходів індивідуаль-

Полтава, 23.11.2022-1.12.2022
 ОСББ Хвильового, 38, Львів, 10.01.2023

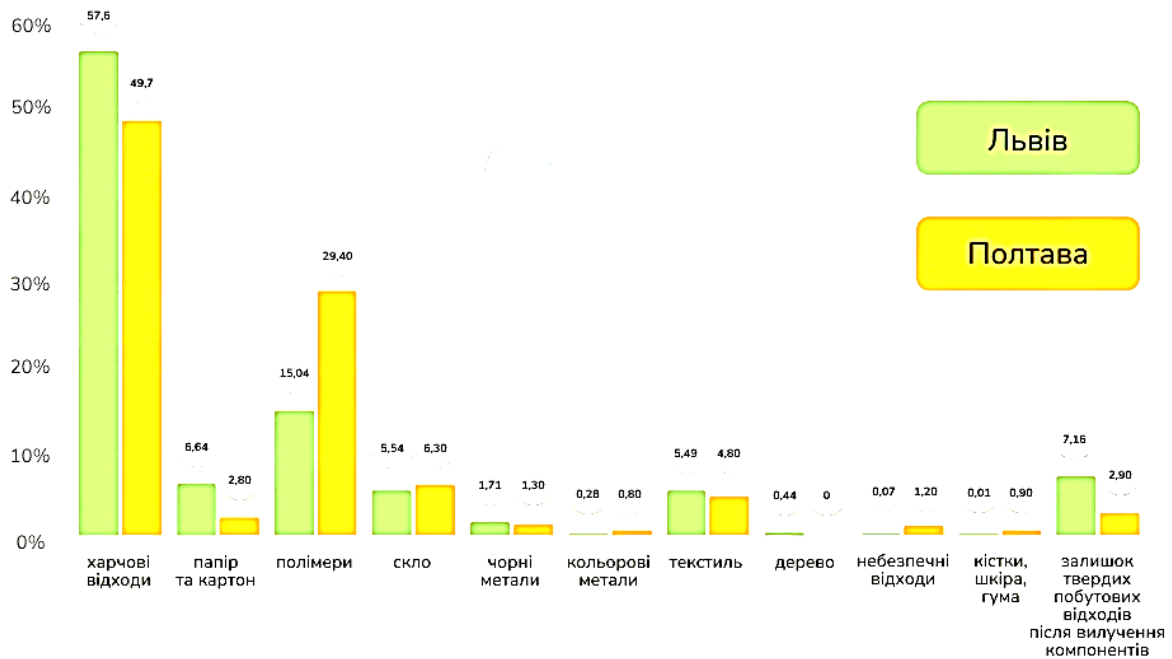


Рис. 2. Порівняння морфологічного складу ТПВ за фракціями та відібраної проби масою 300 кг, %

Джерело: [9]

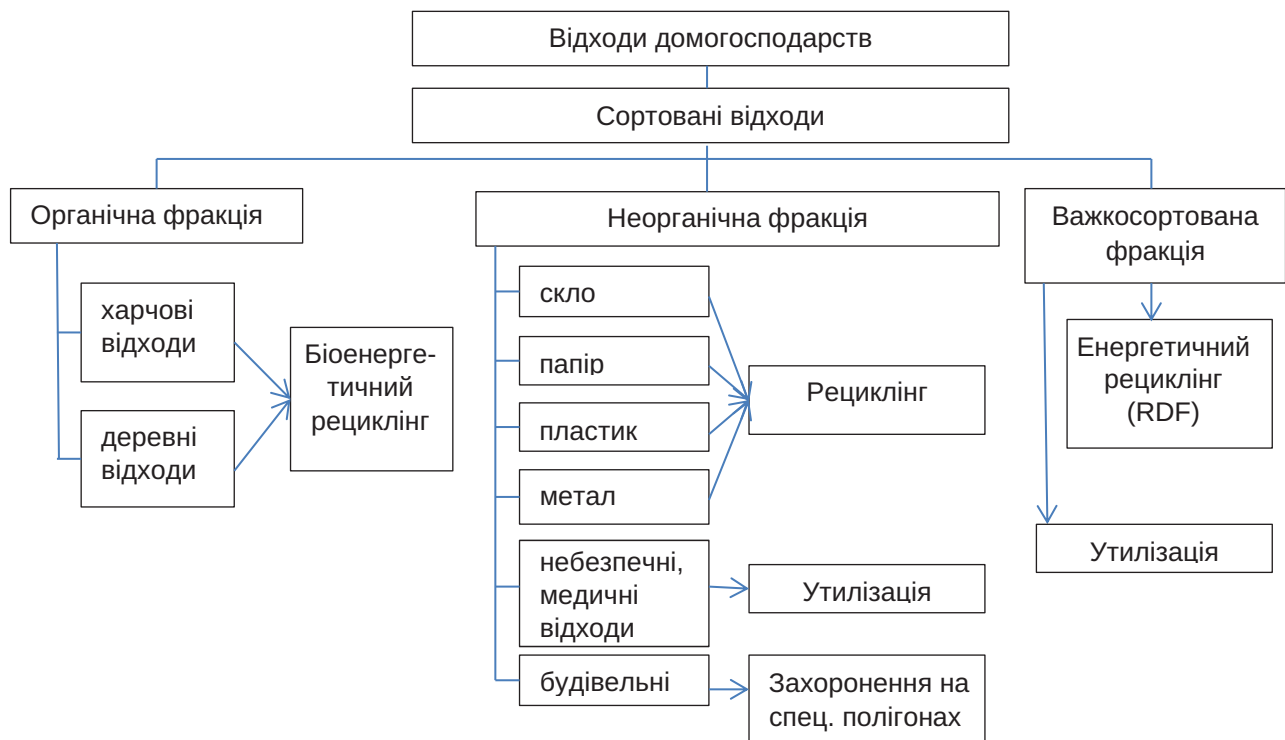


Рис. 3. Модель ефективного менеджменту відходів домогосподарств

Джерело: розроблено автором

них користувачів (рис. 4) спрямована на оптимальне використання потенціалу органічних відходів як енергоносіїв.

1. Використання органічної фракції ТПВ для виробництва біогазу.

Сировиною для мінібіогазових установок, які можуть ставити домогосподарства, можуть бути будь-які відходи та рештки органічного, рослинного й тваринного походження. Коли говоримо про мінібіогазові установки, розуміємо, що найбільшого застосування вони мають у замських домогосподарствах та у сільській місцевості. І якщо за утримання худоби переважні обсяги відходів кухні просто згодують, то продукти життєдіяльності тварин зазвичай накопичують та зберігають на непідготовлених ділянках, що має цілий спектр негативних наслідків, як для людей, так і для довкілля. Тому, в першу чергу, сировиною для власної міністанції є тваринницькі відходи: твердий або рідкий гній великої рогатої худоби, свиней, сеча, пташиний послід, стічні води забою худоби, поживні рештки, солома, сіно, силос трав тощо. У кожному окремому випадку розглядають усі можливі та альтернативні види сировини, досягні для забезпечення експлуатації мінібіогазової

станції. Відштовхуючись від наявних сировинних обсягів, розраховують і очікувану продуктивність установки.

Отриманий біогаз знаходить своє використання у домогосподарствах як заміник традиційних енергоресурсів. Попит на біогаз можна визначити з огляду на раніше спожиту енергію. Наприклад, 1 кг сухого коров'ячого перегною відповідає 100 л біогазу, 1 кг дров відповідає орієнтовно 200 л біогазу, а 1 кг вугілля відповідає 500 л біогазу. Споживання біогазу для приготування їжі на одну особу та один прийом їжі потребує від 150 до 300 л біогазу. Для того, щоб закип'ятити один літр води потрібно приблизно 30–40 л біогазу, для приготування 0,5 кг рису – 120–140 л, а на 0,5 кг овочів – 160–190 л. Випробування показали, що рівень споживання біогазу на плиту у домогосподарстві, яка працює на біогазові, становить від 300 до 400 л на годину. Проте це залежить від проекту плити та вмісту метану у біогазі. Порівняно з іншими газами біогаз потребує менше повітря для горіння. Відтак традиційні газові пристрої потрібно модифікувати у разі їх використання для горіння біогазу (наприклад, більші газові пальники та отвори для вогню). Відстань, на яку транспортується

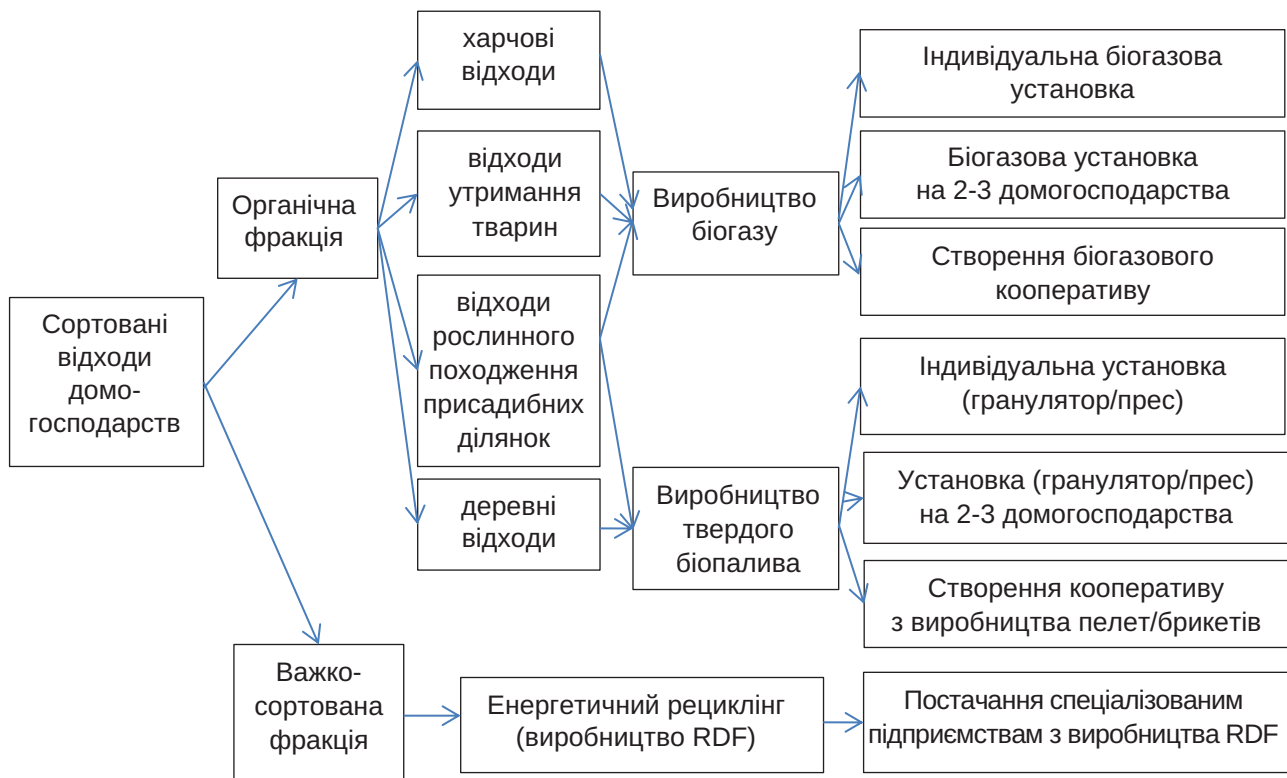


Рис. 4. Модель ефективного біоенергетичного менеджменту побутових відходів індивідуальних користувачів

Джерело: розроблено автором

газ, потрібно мінімізувати, оскільки можуть мати місце витіки газу із труб [11].

2. Використання органічної фракції ТПВ для виробництва твердого біопалива.

Одним з заміників дров, вугілля та природного газу можуть стати твердопаливні брикети з деревних відходів, соломи та інших післяжнивних решток домогосподарств. Вартість відповідного обладнання є набагато нижчою в порівнянні з вартістю малопотужного біогазового реактора. Для прикладу «Гранулятор сіна, соломи, зерна, сухої трави ГKM-100+» коштує 16950 гривень і дає можливість здійснювати одночасне подрібнення та виробництво пелет напівавтоматичним способом. Може використовуватися як для виробництва комбікормів так і для виробництва паливних пелет. Також на ринку присутні ручні преси для брикетів вартістю від 1,5 тис. грн до 2,0 тис. грн. та досить просту конструкцію. Пелети вироблені за допомогою таких пресів повністю придатні для використання як в пічному опаленні так і в твердопаливних котлах. Вартість напівавтоматичного гранулятора компенсується економією витрат на опалення протягом 1 опалювального сезону [2, с. 34].

Як для виробництв біогазу домогосподарствами, так для виробництва твердих біопалив можливі різні варіанти:

– індивідуальні установки з виробництва біопалив для одного домогосподарства (необ-

хідна умова – достатня кількість утворюваних відходів);

– установки для виробництва біогазу/ твердих біопалив для 2–3 домогосподарств (важлива умова – розташування поряд для мінімізації витрат на транспортування відходів);

– організація кооперативу з виробництва біопалив із відходів домогосподарств (необхідна умова – пошук однодумців для організації).

Для вибору оптимального варіанту біоенергетичного використання відходів домогосподарств необхідно зважати на всі умови, вірно оцінити потенціал відходів та обрати обладнання, що йому відповідатиме.

3. Використання важкосортованої фракції ТПВ на виробництво RDF.

Перспективний напрям поведінки з важкосортованими відходами домогосподарств – організація виробництва RDF на спеціалізованих підприємствах. RDF-паливо – це паливо у вигляді гранул, що утворюються з сухого залишку, який залишається після усіх циклів сортування ТПВ, шляхом подрібнення і пресування. До складу відходів, які використовують на виробництво RDF, входять целюлозні матеріали, деревина і похідні, шкіряні і гумові відходи тощо, частка яких різниться (рис. 5).

Відсотковий вміст залишків, що можна використати на виробництво RDF, знаходиться в межах 18–35% загальної маси твер-

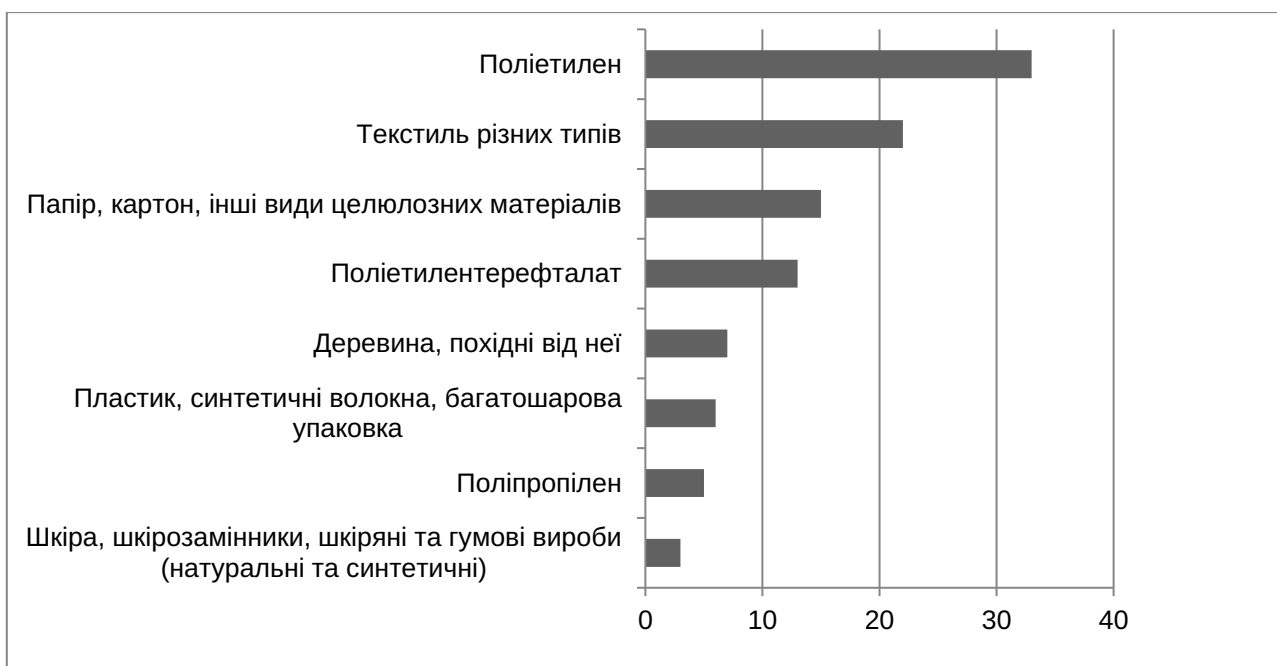


Рис. 5. Типовий морфологічний склад RDF-палива

Джерело: побудовано за даними [1, с. 35]

дих побутових відходів. Такої кількості може бути недостатньо для забезпечення ефективної роботи підприємств з виробництва RDF, тому можливий варіант, коли не лише залишки, що не піддаються сортуванню, а й усі потенційно горючі матеріали з ТПВ використовують для виробництва палива (може сягати 45% загальної маси). Порівнюючи калорійність RDF, то у першому варіанті вона складає 4200–5200 ккал/кг, при другому – 5200–5400 ккал/кг. Таким чином можна отримати паливо з вищою теплою згорання (до 20–22 МДж/кг) при примусовому збагаченні твердих побутових відходів, що результуватиме у більшому виході енергетичних ресурсів. В середньому з однієї тонни важко сортованих відходів можна утворити 350 кг (35%) RDF-палива, що матиме вологість 12–14% [1, с. 41].

Серед країн ЄС лідерами з виробництва RDF є Нідерланди, Італія, Бельгія та Фінляндія. Цьому сприяла виважена державно політики щодо сприяння його виробництву: паливо відноситься до місцевого, стимулюється інвестування у галузь. Цікавим є досвід Польщі, уряд якої завдяки адміністративним (заборона вивозу на полігони відходів з

високим енергетичним потенціалом – більше 6 МДж/кг теплотвірної здатності) та економічним заходам (запровадження помісячного податку на відходи на 1 людину) стимулювали комерційне виробництво RDF.

Висновки. Поводження з побутовими відходами домогосподарств в Україні сьогодні потребує кардинальних змін. ТПВ слід розглядати не як джерело екологічних проблем, а як джерело вторинних ресурсів, що можуть бути повторно використані для виробництва корисної продукції. Розроблена модель біоенергетичного менеджменту побутових відходів індивідуальних користувачів допоможе домогосподарствам перетворити органічні відходи у джерело енергетичних ресурсів для власного енергозабезпечення, що особливо актуально в умовах воєнного стану. Якщо домогосподарства обирають шлях організації виробництва біогазу з відходів, вони отримують також дигестат, як побічний продукт, який є цінним органічним добривом.

Подальші дослідження включатимуть аналіз перспектив організації спільного виробництва біопалив з відходів як домогосподарств, так і підприємств у межах однієї громади на кооперативних чи кластерних засадах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Honcharuk I., Tokarchuk D., Gontaruk Y., Hreshchuk H. Bioenergy recycling of household solid waste as a direction for ensuring sustainable development of rural areas. *Polityka Energetyczna*. 2023. Vol. 26. Issue 1. P. 23–42. DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/161467>
2. Мазур К. В., Гонтарук Я. В. Перспективи розвитку біопалива в особистих селянських господарствах. *Підприємство та інновації*. 2022. Випуск 23. С. 32–36. DOI: <https://doi.org/10.37320/2415-3583/23.6>
3. Пришляк Н. В., Токарчук Д. М., Паламаренко Я. В. Передумови та організаційно-економічний механізм формування та реалізації стратегії поводження з відходами аграрних підприємств. *Економіка та держава*. 2021. № 3. С. 104–117. DOI: 10.32702/2306-6806.2021.3.104
4. Українцям розповіли, що належить до побутових відходів. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/ukraincyam-rozprovili-shho-nalezhit-do-pobutovih-vidhodiv/> (дата звернення: 01.12.2023).
5. Аналіз стану сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2022 рік. URL: <https://mtu.gov.ua/news/34323.html> (дата звернення: 01.12.2023).
6. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>. (дата звернення: 01.12.2023).
7. Лазненко Д. О. Визначення параметрів утворення побутових відходів у населених пунктах України для цілей регіонального планування. Київ: DESPRO, 2019. URL: <https://hromady.org/wp-content/uploads/2020/11/Параметри-утворення-побутових-відходів.pdf> (дата звернення: 01.12.2023).
8. Про затвердження Методичних рекомендацій з визначення морфологічного складу твердих побутових відходів: Наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України № 39 від 16.02.2010 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0039662-10#Text> (дата звернення: 01.12.2023).
9. Результати дослідження морфологічного складу твердих побутових відходів у ОСББ Львова. URL: <https://zerowastelviv.org.ua/rezultaty-doslidzhennya-morfologichnogo-skladu-tverdih-pobutovyh-vidhodiv-u-osbb-lvova/> (дата звернення: 01.12.2023).
10. Орфанова М. М., Яцишин Т. М. Багатофакторність системи управління відходами та напрямки подолання проблем. *Перші практичні дії та проблемні питання реалізації Закону України «Про управління відходами»*: збірка матеріалів Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, еко-

номіка, технології» (м. Івано-Франківськ, 21–23 листопада 2023 р.). Київ : Центр екологічної освіти та інформації, 2023. С. 33–37.

11. Використання біогазу. URL: <https://www.emersan-compendium.org/uk/sanitar-ni-tehnolohii/technology/use-of-biogas> (дата звернення: 01.12.2023).

REFERENCES:

1. Honcharuk I., Tokarchuk D., Gontaruk Y., Hreshchuk H. (2023). Bioenergy recycling of household solid waste as a direction for ensuring sustainable development of rural areas. *Polityka Energetyczna*, vol. 26 (10), pp. 23–42. (in English)

2. Mazur K. V., Hontaruk Ya. V. (2022). Perspektyvy rozvytku biopalyva v osobystykh selianskykh gospodarstvakh [Prospects for the development of biofuels in personal peasant farms]. *Pidpriemnytstvo ta innovatsii – Entrepreneurship and innovation*, no. 23, pp. 32–36. (in Ukrainian)

3. Pryshliak N. V., Tokarchuk D. M., Palamarenko Ya. V. (2021). Peredumovy ta orhanizatsiino-ekonomichniy mekhanizm formuvannia ta realizatsii stratehii povodzhennia z vidkhodamy ahrarykh pidpriemstv [Prerequisites and organizational and economic mechanism of formation and implementation of waste management strategy of agricultural enterprises]. *Ekonomika ta derzhava – Economy and the state*, no. 3, pp. 104–117. (in Ukrainian)

4. Ukraintsiam rozpovily, shcho nalezhyt do pobutovykh vidkhodiv [Ukrainians were told what belongs to household waste]. Available at: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/ukraincyam-rozpovili-shho-nalezhit-do-pobutovih-vidhodiv/> (accessed December 1, 2023).

5. Analiz stanu sfery povodzhennia z pobutovymy vidkhodamy v Ukraini za 2022 rik [Analysis of the state of household waste management in Ukraine for 2022]. Available at: <https://mtu.gov.ua/news/34323.html> (accessed December 1, 2023).

6. Ofitsiynyi sait Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy [Official website of the State Statistics Service of Ukraine]. Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua> (accessed December 1, 2023).

7. Laznenko D. O. (2019). Vyznachennia parametriv utvorennia pobutovykh vidkhodiv u naselenykh punktakh Ukrainy dlia tsilei rehionalnoho planuvannia [Determining the parameters of household waste generation in the settlements of Ukraine for the purposes of regional planning]. Kyiv: DESPRO. Available at: <https://hromady.org/wp-content/uploads/2020/11/Параметри-утворення-побутових-відходів.pdf> (accessed December 1, 2023).

8. Pro zatverdzhennia Metodichnykh rekomendatsii z vyznachennia morfolohichnoho skladu tverdykh pobutovykh vidkhodiv: Nakaz Ministerstva z pytan zhytlovo-komunalnoho gospodarstva Ukrainy no. 39 [On the approval of Methodological recommendations for determining the morphological composition of solid household waste: Order of the Ministry of Housing and Communal Affairs of Ukraine no. 39]. (February 16, 2010). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0039662-10#Text> (accessed December 1, 2023).

9. Rezultaty doslidzhennia morfolohichnoho skladu tverdykh pobutovykh vidkhodiv u OSBB Lvova [Results of the study of the morphological composition of solid household waste in Lviv condominiums]. Available at: <https://zerowastelviv.org.ua/rezultaty-doslidzhennya-morfologichnogo-skladu-tverdyh-pobutovyh-vidhodiv-u-osbb-lvova/> (accessed December 1, 2023).

10. Orfanova M. M., Yatsyshyn T. M. (2023). Bahatofaktornist systemy upravlinnia vidkhodamy ta napriamky podolannia problem [The multifactorial nature of the waste management system and directions for overcoming problems]. *Pershi praktychni dii ta problemni pytannia realizatsii Zakonu Ukrainy «Pro upravlinnia vidkhodamy»*: Natsionalnyi forum «Povodzhennia z vidkhodamy v Ukraini: zakonodavstvo, ekonomika, tehnolohii» (Ivano-Frankivsk, November 21st–23rd, 2023). Kyiv: Tsentr ekolohichnoi osvity ta informatsii, pp. 33–37. (in Ukrainian)

11. Vykorystannia biohazu [Use of biogas]. Available at: <https://www.emersan-compendium.org/uk/sanitar-ni-tehnolohii/technology/use-of-biogas> (accessed December 1, 2023).