

## КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ БІОМАСИ ТА МУНІЦИПАЛЬНИХ ВІДХОДІВ У ПОЛТАВСЬКОМУ РЕГІОНІ

**Голік Юрій Степанович**, к.т.н., професор,  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,  
e-mail: [golik38@i.ua](mailto:golik38@i.ua), ORCID: [0000-0002-5429-6746](https://orcid.org/0000-0002-5429-6746)

**Крот Ольга Петрівна**, д.т.н., професор,  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,  
e-mail: [uch.opk@gmail.com](mailto:uch.opk@gmail.com), ORCID: [0000-0002-2376-4981](https://orcid.org/0000-0002-2376-4981)

**Чернецька Ірина Віталіївна**, к.т.н., доцент,  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,  
e-mail: [iryua.chernetska.nupp@gmail.com](mailto:iryua.chernetska.nupp@gmail.com), ORCID: [0009-0006-7643-2565](https://orcid.org/0009-0006-7643-2565)

**Чепурко Юлія Володимирівна**, аспірант,  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,  
e-mail: [juliakorzh2003@gmail.com](mailto:juliakorzh2003@gmail.com), ORCID: [0000-0002-9154-1931](https://orcid.org/0000-0002-9154-1931)

**Серга Тетяна Миколаївна**, аспірант,  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,  
e-mail: [tetjanaserga@gmail.com](mailto:tetjanaserga@gmail.com), ORCID: [0009-0006-6575-5529](https://orcid.org/0009-0006-6575-5529)

Освоєння енергетичного потенціалу рослинництва та муніципальних відходів для використання в автономних енергетичних системах малої потужності замість традиційних видів палива – це актуальне питання. Зокрема це стосується котелень для лікарень, шкіл, дитячих садочків, окремих адміністративних будівель та житлових будинків, приватних домогосподарств. Спалювання викопного палива має значні негативні наслідки впливу на усі компоненти навколишнього середовища. Для вирішення проблеми забруднення повітря, парникового ефекту, глобального потепління та зміни клімату, багато країн направили свої зусилля на перехід енергетики з невідновлюваних на відновлювані джерела енергії. Однак стає питання використання джерел енергії, які завдають найменшої шкоди навколишньому середовищу. Біоенергетичні культури для виробництва енергії є однією з таких потенційних альтернатив із довгостроковими позитивними результатами в майбутньому.

Біоенергетичні культури відкривають нові економічні можливості для мешканців невеликих громад та сільської місцевості. Відновлювані джерела енергії мають потенціал для надання енергетичних послуг з нульовим або майже нульовим викидом забруднювачів повітря, у тому числі парникових газів. Біомаса (деревина, відходи тваринництва, лісу та пожнивні залишки) є одним із захищених видів сировини, що є органічною речовиною з достатнім вмістом вуглецю для виробництва біопалива, яке можна використовувати шляхом прямого спалювання.

Майбутнє біопалива може залежати не тільки від одного покоління, а й від комбінації трьох поколінь, щоб упоратися зі зростанням світового попиту внаслідок виснаження світових нафтових ресурсів. Нещодавня політика,

ухвалена ЄС, передбачає підвищений інтерес до вирощування енергетичних культур. Отже, необхідна систематизована інформація про нові енергетичні культури та стратегії вирощування, щоб оптимізувати їх виробництво кількісно та якісно та інтегрувати їх у традиційні системи виробництва. Така інформація запропонує фермерам нові перспективи та варіанти диверсифікації їхньої сільськогосподарської діяльності. Однак деякі з цих культур можуть конкурувати за землю та ресурси з існуючими продовольчими культурами, тоді як інші можна вирощувати на малородючих/деградованих землях з подальшим благодотворним впливом на довкілля. Отже, вибір відповідних компонентів управління та видів має здійснюватися з урахуванням специфіки ділянки та орієнтуватися на мінімізацію витрат та максимізацію врожайності. У деяких випадках традиційні продовольчі культури використовуються як спеціальні енергетичні культури з тією перевагою, що методи їх вирощування добре відомі.

З іншого боку, вирощування нових спеціалізованих енергетичних культур, таких як багаторічні трав'янисті культури, часто потребує ряду структурних особливостей та тактичних підходів до управління, які відрізняються від тих, що зазвичай використовуються для традиційних харчових культур. Більшість цих культур значною мірою не одомашнені і перебувають на ранніх стадіях розвитку та поліпшення.

Для підвищення теплотворної здатності біоталива можна використовувати муніципальні відходи. Перетворення твердих побутових відходів в енергію за допомогою термічного знешкодження може сприяти економії традиційних видів палива та зменшенню обсягів відходів, які потрапляють на сміттєзвалища. Для реалізації цієї концепції потрібно будувати нові сміттєпереробні комплекси, що створить нові робочі місця.

Розглянемо біопаливо другого покоління, яке виробляється з нехарчових культур, відходів харчових культур, сільськогосподарських відходів, тріски й відпрацьованого кулінарного масла.

Використання цих продуктів (відходів) сільськогосподарського сектору для отримання біопалива має ряд переваг, а саме: для вирощування не потрібні додаткові добрива, вода чи земля, сировиною є неїстівний побічний продукт продовольчих культур.

Наприклад, пшенична солома від виробництва пшениці та кукурудзяне лушпиння від вирощування кукурудзи є сировиною другого покоління. Були розглянуті альтернативні варіанти біопалива, яке є перспективними для вирощування на низькопродуктивних землях територіальних громад Полтавщини.

Міскантус (*Miscanthus*) включає 14–20 видів високих багаторічних трав, що виростають в Азії, які вирощують як декоративні рослини. Морфологія рослини обмежує його використання як кормової культури. Рослина є модельною сировиною для трав'янистої біомаси. Рослина міскантус, володіє високим вмістом вуглецю, зв'язує діоксин вуглецю з атмосфери і потребує менше води та азоту.

Ця трава вважається специфічною енергетичною культурою через її швидке зростання, стійкість до хвороб, високу врожайність і термін життя 10-15 років. Нижча теплота згорання 17 МДж/кг. Врожайність біомаси міскантуса на 33% вище, ніж у проса.

Просо (*Panicum virgatum* L.) – теплолюбна багаторічна злакова культура класу С4. Трава вимагає залізо, поживні речовини і воду для вирощування, що робить його екологічно чистою культурою для крупномасштабного виробництва біопалива. Просо має величезний потенціал для генетичного поліпшення для ефективного виробництва біомаси.

Верба (*Salix* L.) – дерев'янисто-чагарникова рослина зі швидким зростанням до 3-3,5 см на добу та тривалістю життя понад двадцяти років. Через 2-3 роки може зрости при висоті пагонів 6-7 м при діаметрі основи пагонів 6-8 см. Починаючи з 2-3 року врожай не менше 55 т/га (вологої) біомаси. Нижча теплота згорання 19-21 МДж/кг. Висока пристосовність до різних педокліматичних умов: підходить для ґрунтів із надлишком води, забруднених та деградованих ґрунтів.

На основі проведеного аналізу обсягів утворення муніципальних та зелених відходів у розрізі 60 громад Полтавщини було отримано, що у морфологічному складі побутових відходів папір, текстиль, дерево, кістки, шкіра, гума, пластик займає у середньому не більше 17%. Наприклад: Глобинська громада – 17,45 %; Кременчуцька – 11,98%; Миргородська – 15,13%; Полтавська – 10,01 %. Варто зазначити, що енергетично цінними також є відходи зеленого господарства (обрізані гілки і стовбури дерев), що утворюються в процесі догляду (благоустрою) зелених насаджень в місцях загального користування.

Отже, доцільно використовувати муніципальні відходи та відходи зеленого господарства разом із біопаливом шляхом їх брикетування й подальшого використання для спалювання в котельнях малої потужності в адміністративних будівлях.

Значну частку в морфологічному складі твердих побутових відходів (ТПВ) займає пластик. Зростання обсягів виробництва пластику та його все більше поширення в побуті призводить до зростання полімерної складової в муніципальних відходах.

При цьому полімери погано піддаються біологічному розкладу та є хімічно стійкими в навколишньому середовищі, що спричиняє їх накопиченню по всіх компонентах біосфери у значній кількості, що спричиняє ряд екологічних проблем. При цьому теплотворна здатність пластику є досить високою, найбільшою серед усіх компонентів ТПВ, що робить його цінним енергетичним ресурсом.

При проектуванні нових установок термічного знешкодження муніципальних відходів, а також при реконструкції існуючих сміттєспалювальних підприємств було б доцільно додавати обладнання для захисту навколишнього середовища від шкідливих речовин та забезпечення відповідності вимогам нормативних документів щодо викидів. Це б дозволило мінімізувати негативні

екологічні наслідки процесу спалювання відходів. Зокрема рекомендується впровадження наступного обладнання:

- тканинні фільтри та електрофільтри для вловлювання летючої золи;
- системи мокрої очистки з використанням абсорберів для видалення кислих газів;
- адсорбери із застосуванням марганцевої руди та каталітичні системи очищення для видалення діоксинів та канцерогенних вуглеводнів.

Також важливими є процеси технологічного контролю, регулювання викидів оксидів азоту, а також сортування для усунення небезпечних відходів.

### **Висновки**

Для задоволення енергетичних потреб населення в умовах воєнного та післявоєнного стану з урахуванням необхідності скорочення викидів парникових газів і зростаючої стурбованості з приводу енергетичної безпеки, актуальним є впровадження використання відновлюваного палива з муніципальних відходів та енергетичних культур рослин. Для розвитку біоенергетичної промисловості можна використовувати непридатні сільськогосподарські угіддя, якщо вирощувати економічні багаторічні культури біомаси. У зонах із помірним кліматом просо та міскантус здатні давати врожай біомаси від 10 до 20 тонн сухої речовини.

Енергетичні культури рослин мають високу теплотворну здатність та вміст вуглецю, а також низький вміст золи, азоту та сірки. Мають багато переваг, наприклад, її здатність рости в дикій природі без необхідності належного догляду, швидкий цикл зростання, висока продуктивність і високе співвідношення вихідної енергії до витрат енергії.

Біопаливо другого покоління може бути перспективним джерелом відновлюваної енергії, на відміну від традиційних видів палива, враховуючи негативні наслідки використання енергії з викопного палива. Запропоновано заходи для безпечного застосування технології термічного знешкодження ТПВ та забезпечення дотримання екологічних норм. Спалювання є поширеним методом поводження з муніципальними відходами, цей метод спрямований як на рекуперацію енергії, так і на радикальну мінімізацію обсягу та маси відходів. Захист повітряного середовища та обслуговуючого персоналу може бути реалізований шляхом автоматизації та механізації сміттєспалювального комплексу, герметизації обладнання, ефективною системою забезпечення мікроклімату, багатоступінчастої системи очищення повітря від різних категорій забруднення.