

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА

УДК 504:620.9:662.93

[http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2022-1-30\(44\)-21](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2022-1-30(44)-21)

АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МІСКАНТУСУ ЯК БІОМАСИ ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ В ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛАХ

Халін С., канд. екон. наук,
<https://orcid.org/0000-0002-7510-5056>

Смоляр В., канд. с.-г. наук,
<https://orcid.org/0000-0002-9648-119X>, e-mail: smolyarvi@ukr.net

Ковтун О., <https://orcid.org/0000-0001-5715-2863>
УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Анотація

Мета досліджень – оцінити актуальність використання енергетичної культури міскантусу як біомаси для спалювання в твердопаливних котлах.

Методи досліджень. Для аналітичних досліджень актуальності використання енергетичної культури міскантусу як біомаси для спалювання в твердопаливних котлах застосували метод опрацювання доступних наукових та інформаційних повідомлень.

Результати досліджень. Для виробництва біомаси використовують спеціальні енергетичні культури, які характеризуються швидким приростом технологічної маси – верба, тополя, платан або певні сорти трав'янистих рослин (міскантус, просо, сорго тощо). Енергетичні культури – це рослини, які спеціально вирощують як паливо або для виробництва біопалива. Після одноразової посадки культуру (міскантус) можна збирати щорічно протягом 15 і більше років із середньою врожайністю 10 т/га. Міскантус має добре розвинену кореневу систему (глибиною 2,5 м), характеризується швидким ростом і стійкістю до низької температури повітря. Технологічні варіанти спалювання біомаси розділяють на три основні типи: спалювання в шарі, пилове спалювання, спалювання у псевдозрідженому стані, а також комбінований тип – сумісне спалювання біомаси з іншим паливом. Міскантус характеризується досить високим рівнем виробництва енергії до 143-560 ГДж/га, енергетичний вихід становить 360 ГДж/га/рік. Нарощування використання багаторічних енергетичних культур, таких як міскантус, сприяє зниженню споживання викопного палива. Крім високої урожайності, посухостійкості, підтримання структури ґрунту, зменшення ризиків його ерозії, покращення органічного вмісту ґрунту, інших важливих агрономічних показників, міскантус відрізняється високою ресурсною енергетичною ефективністю, яка може становити 90 %, високим рівнем конверсії. За урожайності 8-17 т/га/рік, ціну реалізації урожаю міскантусу під час його переробки на теплову енергію і біологічну олію швидкого піролізу отримали практично на одному рівні – 100 €/т. Теплотворна здатність енергетичної культури становить 17,7 МДж/кг, за іншими науковими даними – 16,0-17,2 МДж/кг, за нормативними вимогами CEN/TC 14961:2005 – 18,4 МДж/кг, незважаючи на певне відхилення від нормативів, міскантус можна охарактеризувати як цінну енергетичну сировину, придатну для спалювання в котлах.

Висновки. За результатами аналітичних досліджень вперше оцінили актуальність використання енергетичної культури міскантусу як біомаси для спалювання в твердопаливних котлах. Енергетичну культуру (міскантус) після одноразової посадки можна збирати щорічно протягом 15 і більше років. Міскантус характеризується високим рівнем виробництва енергії, а саме 143-560 ГДж/га, енергетичний вихід становить 360 ГДж/га/рік. Збільшення використання багаторічних енергетичних культур, таких як міскантус сприяє зниженню споживання викопного палива. Міскантус відрізняється високою ресурсною енергетичною ефективністю, яка може становити 75-90 %, високим рівнем конверсії. За даними наукових повідомлень, теплотворна здатність енергетичної культури

(міскантусу) становить 17,7 МДж/кг, за нормативними вимогами CEN/TC 14961:2005 – 18,4 МДж/кг, незважаючи на певне відхилення від нормативів, міскантус характеризується як цінна енергетична сировина, ефективна під час спалювання в твердопаливних котлах.

Ключові слова: біомаса, відновлювані джерела енергії, енергетична ефективність, енергетичні культури, міскантус, твердопаливні котли.

Вступ. Значною складовою енергетичного потенціалу біомаси в Україні є енергетичні культури, які доцільно вирощувати на землях, вилучених з інтенсивного обробітку, а це, щонайменше, 3–4 млн. га. На часі створення спеціалізованих плантацій з вирощування енергетичних культур для отримання твердого біопалива, а також культур, призначених для виробництва біогазу. Перспективним є також використання багаторічних енергетичних культур (верба, тополя, павловнія тощо), придатних для самовідновлення протягом 6–7 циклів збирання, для відновлення та розширення наявних і створення нових полезахисних лісосмуг та санітарних зон (0,5–1,0 млн. га). Зараз, із наявних вільних земельних угідь сільськогосподарського призначення під енергетичні культури (міскантус, верба, сорго тощо) використовують лише 4,8 тис. га. Економія природного газу під час використанням твердопаливних котлів на кожен вироблену 1 Гкал теплової енергії з біомаси становить 132–165 м³, а скорочення викидів парникових газів у процесі заміщення природного газу біомасою – близько 1,9 т СО₂/тис. м³ (рис. 1) [Практика впровадження твердопаливних котелень у ЖКГ України, 2020].

Слід відмітити, що енергетичний потенціал біомаси з деревини в Україні є

порівняно обмеженим, а його використання – досить високим (більше 90 %).

За даними наукових повідомлень [Пронько, Бабина, 2016], зараз стратегічно все більше країн у світі спрямовують свої плани для забезпечення енергетичних потреб завдяки використанню відновлюваних джерел енергії. Використання відновлюваних джерел енергії, особливо біологічного палива, для України є стратегічно-важливою проблематикою, яка вирішить такі важливі завдання: зменшення забруднення довкілля, енергетична безпека та незалежність від імпортованих енергетичних ресурсів, збільшення виробництва сільськогосподарської продукції, створення нових робочих місць, збільшення фінансових надходжень у бюджет країни.

Отже, доцільно нарощувати виробництво енергії з біомаси завдяки створенню плантацій багаторічних енергетичних культур, насамперед, міскантусу. На найближчі роки можна очікувати збільшення енергетичного потенціалу біомаси енергетичних культур на 20 %.

Постановка завдань. Під час розвитку відновлюваних джерел енергії особливого значення набуває використання енергетичних культур, насамперед, міскантусу. Мотивація досліджень полягає в отриманні нових даних.

Мета досліджень – оцінити актуальність використання енергетичної культури міскантусу як біомаси для спалювання в твердопаливних котлах. Завдання роботи. Проаналізувати характеристики біомаси різних видів, її технологічні переваги перед традиційними джерелами енергії, використання енергетичних культур, зокрема міскантусу, твердопаливні



Рисунок 1 – Економія природного газу та зниження викидів парникових газів під час виробництва теплової енергії з біопалива

котли, які функціонують на біомасі.

Методи і матеріали. Для аналітичних досліджень актуальності використання енергетичної культури міскантусу як біомаси для спалювання в твердопаливних котлах застосували метод опрацювання доступних наукових та інформаційних повідомлень.

Результати.

Характеристика біомаси різних видів

За походженням біомаса може бути досить різноманітною, починаючи з відходів та залишків сільського господарства, харчової промисловості, домашнього господарства і закінчуючи відходами комунального господарства. Джерелом біомаси є також відходи деревини в лісовому господарстві, деревообробній та целюлозно-паперовій промисловості. Для виробництва біомаси використовують також спеціальні енергетичні культури, що характеризуються швидким приростом технологічної маси – верба, тополя, платан, або певні сорти трав'янистих рослин (міскантус, просо, сорго тощо). До енергетичних культур відносяться ріпак, соняшник для виробництва рідкого моторного палива. Для енергетичних потреб може вирощуватись і кукурудза та сорго, як для виробництва твердого біопалива так і біогазу. Важливим джерелом біомаси є відходи тваринництва (гній, інші відходи), а також відходи комунального господарства (стічні осади, відходи домашнього господарства, органічна фракція твердих побутових відходів тощо), що можуть бути використанні для виробництва твердого біопалива та біогазу [Гелетука, 2015].

Технологічні переваги біомаси перед традиційними джерелами енергії

Важливо розуміти реальні переваги біомаси над традиційними джерелами енергії. Отже, основні переваги біомаси це те що вона, як правило, є місцевим видом палива. У процесі виробництва енергії з біомаси використовують наявні місцеві ресурси регіону, включаючи і трудові. Тож, використання біомаси сприяє розвитку місцевої економіки. Біомаса є відновлюваним видом палива, а отже за раціонального використання, є, по суті,

невичерпним джерелом енергії, використання якого сприяє сталому розвитку регіону та не створює типові для традиційних енергоносіїв ризики поступового витрачання (а отже і відповідного підвищення ціни) через виснаження природних ресурсів. Біомаса є екологічно чистим паливом порівняно із іншими твердими видами палива, наприклад, вугіллям. Як правило, біомаса містить невелику кількість сірки, а її спалювання за відносно невисокої температури не спричиняє утворення окислів азоту. Крім того, завдяки включенню біомаси у природний цикл поглинання, зберігання та вивільнення CO₂, спалювання біомаси не призводить до посилення парникового ефекту та знижує негативний антропогенний вплив на довкілля. Біомаса, як правило, є дешевшим паливом у перерахунку на одиницю енергії ніж інші види традиційних енергетичних ресурсів. За таких умов, тенденції останніх 20-ти років показують швидші темпи росту цін на традиційні енергетичні ресурси ніж на відновлювані джерела енергії і ця різниця з кожним роком зростає. Ринок виробництва енергії з біомаси є порівняно новим сектором економічної діяльності, який створює робочі місця, сприяє росту регіонального валового продукту та загальному «озелененню» економіки. Використання біомаси зменшує кількість відходів та сміття в містах, а у випадку використання біогазу – призводить до утилізації небезпечних відходів з полігонів, що сприяє очищенню засмічених територій, поверненню біологічного різноманіття, загальному покращенню екології. Упровадження об'єктів генерації на біомасі сприяє залученню передових технічних рішень у сферу виробництва теплової енергії, оновленню технологічних парків наявного та створення новітнього обладнання, їхнього обслуговування. У країнах Європи біомасу використовують, в основному, для виробництва тепла. Приміром, частка біомаси у виробництві тепла Швеції становить 60 %, Австрії – 31 %, Фінляндії – 27 %, Данії – 25 %, Латвії – 15 %.

Використання енергетичних культур

Енергетичні культури — це рослини, які спеціально вирощують для використання безпосередньо як паливо або для виробництва біопалива. Зараз немає єдиної загальноприйнятої класифікації для таких культур. Енергетичні культури розрізняють за такими категоріями: цикл вирощування — однорічні (ріпак, соняшник) та багаторічні (верба, тополя); тип — деревоподібні (верба, тополя), трав'янисті (міскантус); характеристики й, відповідно, кінцевий продукт, який отримують — олійні (ріпак/соняшник на біологічний дизель), крохмалевмісні та цукровмісні (цукровий буряк/кукурудза на біологічний етанол), лігноцелюлозні (верба/тополя для безпосереднього виробництва теплової та електричної енергії, виробництва твердого біологічного палива або отримання рідкого біологічного палива 2-го покоління); «походження» — класичні культури, які призначені для енергетичних потреб (міскантус) та звичайні сільськогосподарські культури, які вирощують як для отримання продукції, так і для виробництва біологічного палива (ріпак на біологічний дизель, цукровий буряк на біологічний етанол, кукурудза на біогаз); Урожайність енергетичних культур безпосередньо залежить від кліматичних, ґрунтових та інших умов. Ці культури мають різну потребу у водному режимі, можуть значно відрізнятися за морозостійкістю і посухостійкістю.

Міскантус являє собою багаторічну кореневищну траву, яка походить з Азії (рис. 2). Після одноразової посадки культуру можна збирати щорічно протягом 15 і більше років з середньою врожайністю 10 т/га. Міскантус має добре розвинену кореневу систему (глибиною 2,5 м), характеризується швидким ростом і стійкістю до низької температури повітря. Глибоке коріння дає змогу ефективно використовувати водні ресурси.

Культура має відносно невелику потребу у воді, відповідну річній кількості опадів на рівні 600-700 мм, для вирощування сприятливі ґрунти середньої щіль-



Рисунок 2 – Плантація енергетичної культури – міскантусу

ності з низьким рівнем ґрунтових вод. Міскантус висаджують навесні у березні-квітні. Ґрунт має бути відповідним чином підготовлений — очищений від бур'янів і зораний для усунення ущільнень. У Європі використовують два методи розведення міскантусу — вегетативним розмноженням і діленням кореневищ. Останній метод більш економічний, його використовують частіше. Кореневища висаджують на глибину 5-15 см з урахуванням необхідного простору для їхнього подальшого розростання. Щільність посадки становить 10-15 тисяч кореневищ на гектар. Посадка може виконуватись як звичайною сільськогосподарською технікою (наприклад, напівавтоматичним знаряддям для посадки картоплі), так і спеціально розробленими посадочними машинами. У процесі росту енергетична культура потребує невеликої кількості добрив (50-70 кг N/га в рік) завдяки своїй здатності ефективно використовувати поживні речовини. Враховуючи високу стійкість міскантусу до хвороб рослин, хімічний захист не потрібний. Однак необхідно ретельно пропалювати бур'яни особливо в початковій фазі росту плантації міскантусу, оскільки їхня наявність може привести до істотного зниження урожайності. До кінця серпня першого року росту рослини досягають висоти 1-2 м з діаметром стебла 10 мм, у липні починається процес сушки, а з початком зимового періоду можна проводити збір урожаю. У перший рік після посадки міскантус, як правило, не збирають зважаючи на низьку врожайності (до 8 т/га). Протягом другого року

рослини досягають своєї максимальної висоти (2,5-3,5 м) і урожайність зростає до 10 т/га. На третій рік урожай енергетичної культури становить 10-15 тонн сухої речовини на гектар. Після 10-го року експлуатації плантації міскантусу продуктивність її починає знижуватись. Для збирання міскантусу використовують важкі роторні косарки та рулонні прес-підбирачі або самохідні кормозбиральні комбайни. За таких умов, враховуючи товщину і твердість стебел, рекомендується застосовувати спеціальні технічні засоби, пристосовані до важких умов експлуатації.

Твердопаливні котли, які функціонують на біомасі

Технологічні варіанти спалювання біомаси розділяють на три основні типи: спалювання в шарі, пилове спалювання, спалювання у псевдо зрідженому стані, а також комбінований тип – сумісне спалювання біомаси з іншим паливом (рис. 3) [Тормосов, 2015].

Водогрійні котли на біомасі можуть опалювати як окрему квартиру, так і цілий будинок, а також кілька будинків в умовах централізованого теплопостачання. Крім того, такі котли можуть використовуватись для отримання гарячої води на побутові потреби. Котли на біомасі можуть бути як з природною, так і з примусовою циркуляцією теплоносія (води), а також з природною або примусовою подачею повітря та відведенням димових газів.

На практиці поширення набули котли зі спалюванням біомаси на колосковій решітці (рис. 4).

Для опалення приміщень, таких як склади, гаражі, промислові цехи тощо, а також для забезпечення процесу сушіння, можуть використовуватись повітряні нагрівачі, які працюють на біомасі.

У країнах Західної Європи набули поширення твердопаливні котли, які працюють на біомасі, зокрема на міскантусі.

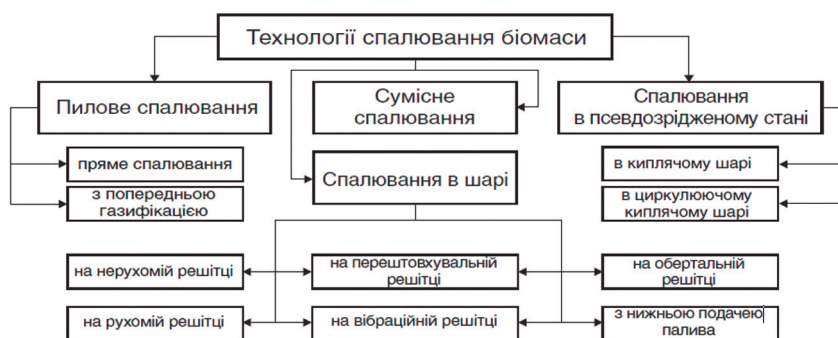


Рисунок 3 – Технологічні варіанти спалювання біомаси

У Данії фірма «Justsen», виготовляє установки для спалювання всіх видів палива з біомаси, які вдосконалюють протягом 58 років [Generate Heat From Miscanthus & Cereal Straw, 2022, Heat-fulfilling burning desires, 2022]. Котел на міскантусі наведений на рисунок 5.

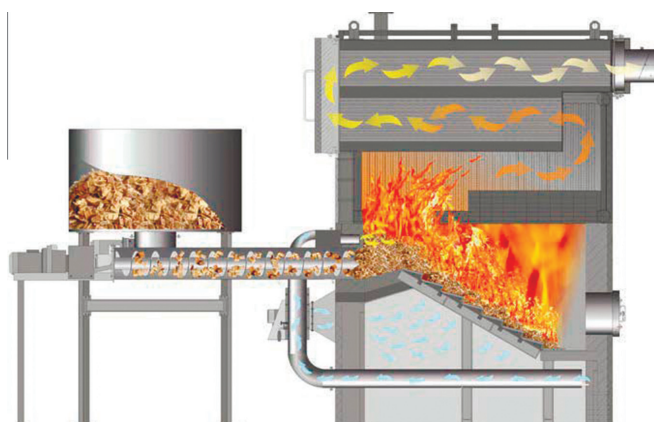


Рисунок 4 – Схема спалювання біомаси на колосковій решітці



Рисунок 5 – Установка фірми «Justsen», яка працює на міскантусі

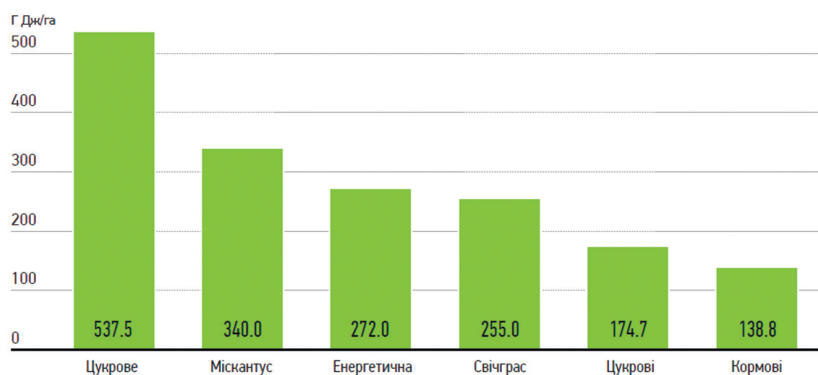


Рисунок 6 – Енергетична продуктивність різних сільськогосподарських культур

Обговорення. Останнім часом в Україні проведені порівняльні дослідження з використання різних видів енергетичних культур для виробництва біологічного палива (рис. 6, табл. 1, 2, 3) [Воробей, Мелех, 2018].

Міскантус характеризується досить високим рівнем виробництва енергії, а власне 143-560 ГДж/га, енергетичний вихід становить 360 ГДж/га/рік. З огляду на ґрунтово-кліматичні умови в Україні, саме енергетична верба, тополя та міскантус є найбільш прийнятними та перспективними для вирощування на великих плантаціях і виробництва біологічного палива.

Значні площі сільськогосподарських культур в країнах Південної Європи відводять під багаторічні енергетичні культури, такі як міскантус. Референтними країнами стали Італія та Греція, проведені порівняльні дослідження використання міскантусу за такими на-

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика енергетичних культур для виробництва біологічного палива

Культура	Вихід сухої маси, т/га/рік	Нижча теплота згорання, МДж/кг сухої маси	Виробництво енергії, ГДж/га	Вологість в період збирання урожаю, %	Зола, %
Міскантус	8-32	17,5	143-560	15	3,7
Свічграс	9-18	18	н/д	15	6,0
Верба	8-15	18,5	280-315	53	2,0
Тополя	9-16	18,7	170-300	49	1,5
Очерет	6-12	16,3	100-130	13	4,0
Коноплі	10-18	16,8	170-300	н/д	н/д
Тростина	15-35	16,3	245-570	5,0	5,0

Таблиця 2 – Ефективність енергетичних культур

Вид	Урожайність, т/га/рік	Теплотворна здатність, ГДж/т сухої маси	Енергетичний вихід, ГДж/га/рік
Верба прутковидна (Salix viminalis)	30	16	480
Міскантус (Miscanthus)	20	18	360
Сорго (Sorghum)	25	18	450

Таблиця 3 – Перспективні біоенергетичні культури для вирощування в Україні

Енергетична культура	Вимоги до ґрунту, pH	Кількість опадів, мм/рік	Температура, °C	Цикл використання, років	Періодичність збирання урожаю	Урожайність, т/рік
Верба	5-7	650-700	15-26	20-25	1 раз на 3 роки	12,4-22,7
Тополя	6	> 600	15-25	20-25	1 раз на 2-3 роки	10-20
Міскантус	5,5-7,5	500-700	25-32	До 20	Щорічно	15-20

прямками — переробка міскантусу на теплову енергію і біологічну олію швидкого піролізу [European Commission. Renewable Energy-Recast to 2030, 2018, Commission Delegated Regulation (EU) 2019/807, 2019, Panoutsou, Chiaramonti, 2020, European Commission. Key policy objectives of the future CAP, 2021]. За результатами досліджень перш за все зазначається високий рівень екологічної стійкості та незначний вплив на довкілля під час переробки міскантусу. Крім високої урожайності, посухостійкості, підтримання структури ґрунту, зменшення ризиків його ерозії, покращення органічного вмісту ґрунту, інших важливих агрономічних показників, міскантус відрізняється високою ресурсною енергетичною ефективністю, яка може становити 90 %, високим рівнем конверсії. Середній економічний цикл використання міскантусу становить 15 років. Нарощування використання багаторічних енергетичних культур, таких як міскантус сприяє зниженню споживання викопного палива. Вирішуються також важливі соціальні питання, а саме створення нових робочих місць, таких як оператор біоенергетичної установки, інженер біоенергетичного заводу тощо. За урожайності 8-17 т/га/рік, ціну реалізації урожаю міскантусу під час його переробки на теплову енергію і біологічну олію швидкого піролізу отримали практично на одному рівні — 100 €/т. Схожі дослідження проведені у Франції, які присвячені ролі міскантусу для розвитку біологічної енергетики країни.

Досить масштабні порівняльні дослідження використання міскантусу у якості біомаси для спалювання в твердопаливних котлах проведені в Загребському аграрному університеті (Хорватія) [Lewandowski, Heinz, 2003, CEN/TC 14961:2005, 2005, Saidur etc., 2011, Borkowska, Molas, 2013, Der Heizomat — die Brennstoffe, 2014, Bilandžija etc., 2018]. За результатами досліджень підтверджені наукові дані про те, що за середнього вмісту вологи в міскантусі нижче 20 %, не потрібно сушити біомасу перед її зберіганням і подальшим

використанням для спалювання в твердопаливних котлах. Зазначено також, що перенесення збирання урожаю міскантусу з осені до весни може спричинити значні втрати кількості біомаси, але це призведе до суттєвого зниження її вологості і відсутності виконання технологічного процесу сушіння біомаси. Встановлено, що урожайність міскантусу на третій рік експлуатації плантації в Португалії становить 37,8 т/га, Німеччині — 29,1 т/га, Англії — 18,7 т/га. Теплотворна здатність енергетичної культури становить 17,7 МДж/кг, за іншими науковими даними знаходиться в межах 16,0-17,2 МДж/кг, за нормативними вимогами CEN/TC 14961:2005 (18,4 МДж/кг), незважаючи певне відхилення від нормативів, міскантус можна охарактеризувати, як цінну енергетичну сировину, придатну для спалювання в котлах. За результатами розрахунків енергетичного балансу встановлено, що міскантус характеризується високою енергетичною ефективністю, яка становить 75-90 %.

Висновки. За результатами аналітичних досліджень вперше оцінили актуальність використання енергетичної культури міскантусу у якості біомаси для спалювання в твердопаливних котлах. Енергетичну культуру (міскантус) після одnorазової посадки можна збирати щорічно протягом 15 і більше років. Міскантус характеризується високим рівнем виробництва енергії, а саме 143-560 ГДж/га, енергетичний вихід становить 360 ГДж/га/рік. Збільшення використання багаторічних енергетичних культур, таких як міскантус сприяє зниженню споживання викопного палива. Міскантус відрізняється високою ресурсною енергетичною ефективністю, яка може становити 75-90 %, високим рівнем конверсії. За даними наукових повідомлень, теплотворна здатність енергетичної культури (міскантусу) становить 17,7 МДж/кг, за нормативними вимогами CEN/TC 14961:2005 (18,4 МДж/кг), незважаючи певне відхилення від нормативів, міскантус характеризується, як цінна енергетична сировина, ефективна під час спалювання в твердопаливних котлах.

Література

Воробей В., Мелех Я. (2018). Аналітичне дослідження. Використання біомаси енергетичних культур у північних областях України. Агенція економічного розвитку «PPV Knowledge Networks». Львів, 59.

Гелетука Г. (2015). Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. К.: Поліграф плюс, 72.

Практика впровадження твердопаливних котелень у ЖКГ України (2020). Журнал АW-Therm, 9.

Пронько Л.М., Бабина О.М. (2016). Тенденції та перспективи енергетичного розвитку в Україні та в світі. Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики. № 11, 123-134.

Тормосов Р.Ю. (2015). Біоенергетичні проекти: від ідеї до втілення. К.: Поліграф плюс, 208.

Borkowska H., Molas R. (2013). Yield comparison of four lignocellulosic perennial energy crop species. *Biomass Bioenerg.* Vol. 51., 145-153. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.01.017>

CEN/TC 14961:2005 (2005). Biomass standards - Fuel specifications and classes.

Commission Delegated Regulation (EU) 2019/807 of 13 March 2019 supplementing Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council as regards the determination of high indirect land-use change-risk feedstock for which a significant expansion of the production area into land with high carbon stock is observed and the certification of low indirect land-use change-risk biofuels, bioliquids and biomass fuels.

Der Heizomat – die Brennstoffe (2014). Heizomat Sinsheim GmbH. Energie im Kreislauf der Natur. Deutschland, 12.

European Commission. Key policy objectives of the future CAP. The new CAP was formally adopted on 2 December 2021.

European Commission. Renewable Energy-Recast to 2030 (Red II). The revised renewable energy directive 2018/2001/EU in December 2018.

Generate Heat From Miscanthus & Cereal Straw (2022). Plants from 1-30 MW capacity. Hot Water / Steam / CHP. Justsen. CoreBiomass. Denmark, 4.

Heat-fulfilling burning desires (2022). Justsen. CoreBiomass. Denmark, 16.

Lewandowski I., Heinz A. (2003). Delayed harvest of miscanthus - influences on biomass quantity and quality and environmental impacts of energy production. *Eur J Agro*, Vol. 19. No. 1, 45-63. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00018-7](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00018-7)

Bilandžija Nikola, Voća Neven, Leto Josip, Juriljić Vanja, Grubor Mateja, Matin Ana, Gerlić Anja, Krička Tajana (2018). Yield and biomass composition of miscanthus *Ч giganteus* in the mountain area of Croatia. University of Zagreb, Faculty of Agriculture. Zagreb. Croatia, 11.

Panoutsou Calliope, Chiaramonti David (2020). Socio-Economic Opportunities from Miscanthus Cultivation in Marginal Land for Bioenergy. Centre for Environmental Policy, Imperial College London. "Galileo Ferraris" Energy Department, Polytechnic of Turin. RE-CORD, Polytechnic of Turin. Energies, 22. Doi:10.3390/en13112741

Saidur R., Abdelaziz E.A., Demirbas A., Hossain M.S., Mekhilef S. (2011). A review on biomass as a fuel for boilers. *Renew. Sust. Energ. Rev.* Vol. 15. No. 5, 2262-89. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.015>

Literature

Bilandžija Nikola, Voća Neven, Leto Josip, Juriljić Vanja, Grubor Mateja, Matin Ana, Gerlić Anja, Krička Tajana (2018). Yield and biomass composition of miscanthus *Ч giganteus* in the mountain area of Croatia. University of Zagreb, Faculty of Agriculture. Zagreb. Croatia, 11.

Borkowska H., Molas R. (2013). Yield comparison of four lignocellulosic perennial energy crop species. *Biomass Bioenerg.* Vol. 51., 145-153. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.01.017>

CEN/TC 14961:2005 (2005). Biomass standards - Fuel specifications and classes.

Commission Delegated Regulation (EU) 2019/807 of 13 March 2019 supplementing Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council as regards the determination of high indirect land-use change-risk feedstock for which a significant expansion of the production area into land with high carbon stock is observed and the certification of low indirect land-use change-risk biofuels, bioliquids and biomass fuels.

European Commission. Key policy objectives of the future CAP. The new CAP was formally adopted on 2 December 2021.

European Commission. Renewable Energy-Recast to 2030 (Red II). The revised renewable energy directive 2018/2001/EU in December 2018.

Geletukha G. (2015). Preparation and implementation of projects to replace natural gas with biomass in the production of thermal energy in Ukraine. K.: Polygraph Plus, 72.

Generate Heat From Miscanthus & Cereal Straw (2022). Plants from 1-30 MW capacity. Hot Water / Steam / CHP. Justsen. CoreBiomass. Denmark, 4.

Heat-fulfilling burning desires (2022). Justsen. CoreBiomass. Denmark, 16.

Lewandowski I., Heinz A. (2003). Delayed harvest of miscanthus - influences on biomass quantity and quality and environmental impacts of energy production. *Eur J Agro*, Vol. 19. No. 1, 45-63. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00018-7](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00018-7)

Panoutsou Calliope, Chiaramonti David (2020). Socio-Economic Opportunities from Miscanthus Cultivation in Marginal Land for Bioenergy. Centre for Environmental Policy, Imperial College London. "Galileo Ferraris" Energy Department, Polytechnic of Turin. RE-CORD, Polytechnic of Turin. *Energies*, 22. Doi:10.3390/en13112741

Practice of introduction of solid fuel boilers in housing and communal services of Ukraine (2020). *AW-Therm Magazine*, 9.

Pronko L.M., Babina O.M. (2016). Trends and prospects of energy development in Ukraine and in the world. *Economy. Finances. Management: current issues of science and practice*. № 11, 123-134.

Saidur R., Abdelaziz E.A., Demirbas A., Hossain M.S., Mekhilef S. (2011). A review on biomass as a fuel for boilers. *Renew. Sust. Energ. Rev.* Vol. 15. No. 5, 2262-89. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.015>

The Heizomat – the fuels (2014). Heizomat Sinsheim GmbH. Energy in the cycle of nature. Germany, 12.

Tormosov R.Yu. (2015). Bioenergy projects: from idea to implementation. K.: Polygraph Plus, 208.

Vorobey V., Melekh J. (2018). Analytical research. Use of biomass of energy crops in the northern regions of Ukraine. PPV Knowledge Networks Economic Development Agency. Lviv, 59.

UDC 504:620.9:662.93

RELEVANCE OF USING MISCANTHUS AS BIOMASS FOR COMBUSTION IN SOLID FUEL BOILERS

Khalin S., Cand. econom. of Sciences,

<https://orcid.org/0000-0002-7510-5056>

Smolyar V., Cand. of Agr. Scs,

<https://orcid.org/0000-0002-9648-119X>, e-mail: smolyarvi@ukr.net,

Kovtun O., <https://orcid.org/0000-0001-5715-2863>

L. Pogorilyy UkrNDIPVT

Summary

The purpose of the research is – to evaluate the relevance of using miscanthus energy culture as biomass for combustion in solid fuel boilers.

Research methods. Analytical studies on the relevance of the use of energy culture of miscanthus as biomass for combustion in solid fuel boilers were carried out by processing the available scientific and informational reports.

Research results. For the production of biomass, special energy crops are used, which are characterized by rapid growth of technological mass – willow, poplar, sycamore, or certain varieties of herbaceous plants (miscanthus, millet, sorghum, etc.). Energy crops are plants that are specially grown for use directly as fuel or for biofuel production. After a single planting, the crop (miscanthus) can be harvested annually for 15 years or more with an average yield of 10 t/ha. Miscanthus has a well-developed root system (2,5 m deep), is characterized by rapid growth and resistance to low temperatures. Technological options for biomass combustion are divided into three main types: combustion in a layer, dust combustion, combustion in a pseudo-liquefied state, as well as a combined type – combined combustion of biomass with other fuels. Miscanthus is characterized by a fairly high level of energy production, and actually 143-560 GJ/ha, energy yield is 360 GJ/ha/year. Increasing the use of perennial energy crops such as miscanthus helps reduce fossil fuel consumption. In addition to high yields, drought resistance, maintaining soil structure, reducing the risk of soil erosion, improving soil organic matter and other important agronomic indicators, miscanthus has a high resource energy efficiency, which can be 90%, a high level of conversion. With a yield of 8-17 t/ha/year, the selling price of miscanthus during its processing into thermal energy and biological oil of rapid pyrolysis was received at almost the same level – 100 €/t. The calorific value of energy culture is 17,7 MJ/kg, according to other scientific data is in the range of 16,0-17,2 MJ/kg, according to regulatory requirements CEN / TC 14961: 2005 (18,4 MJ/kg), despite some deviations from the standards, miscanthus can be described as a valuable energy raw material suitable for combustion in boilers.

Conclusions. According to the results of analytical studies, the relevance of using miscanthus energy culture as biomass for combustion in solid fuel boilers was assessed for the first time. Energy crops (miscanthus) after a single planting can be harvested annually for 15 years or more. Miscanthus is characterized by a high level of energy production, namely 143-560 GJ/ha, energy yield is 360 GJ/ha/year. Increasing the use of perennial energy crops such as miscanthus helps reduce fossil fuel consumption. Miscanthus has a high resource energy efficiency, which can be 75-90 %, a high level of conversion. According to scientific reports, the calorific value of energy crop (miscanthus) is 17,7 MJ/kg, according to regulatory requirements CEN / TC 14961: 2005 (18,4 MJ/kg), despite some deviations from the standards, miscanthus is characterized as a valuable energy raw materials effective during combustion in solid fuel boilers.

Key words: biomass, renewable energy sources, energy efficiency, energy crops, miscanthus, solid fuel boilers.