

ПОТЕНЦІЙНІ ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОБЛЕМ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИКОРИСТАННЯ ПЕРВИННИХ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ АГРАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Людмила Ящук

кандидат хімічних наук, доцент кафедри екології

Черкаський державний технологічний університет, бульв. Шевченка, 460, Черкаси, Україна, 18006,
l_yashchuk@ukr.net

ORCID: 0000-0001-8975-851X

Черкаська область належить до енергодефіцитних регіонів України, у якій дефіцит електроенергії у 2021 році становив приблизно 2 млрд кВт год. Сучасні технології використання відходів рослинної сировини дають можливість отримати збалансовану генерацію електроенергії. У ході дослідження визначено енергетичний потенціал первинних відходів сільського господарства в Черкаській області. Розрахунки здійснювали на основі статистичних даних щодо валового збору провідних сільськогосподарських культур регіону й коефіцієнтів відходів.

Черкаська область є центральним регіоном України, площа сільськогосподарських угідь у якій становить майже 1,5 млн гектарів. Основу формування аграрних господарств становить зернове господарство й вирощування технічних олійних культур. У структурі виробництва основних с/г культур по всіх категоріях господарств у Черкаській області переважає озима пшениця, кукурудза на зерно й соняшник, солома яких має найбільший економічний потенціал. Солома цих культур у Черкаській області за сприятливих погодних умов для вирощування зернових культур може дати приблизно 1,15 млн т у. п. (1 млн м³ газу, або 1,8 млн т вугілля). Таким чином, за рахунок первинних відходів рослинної сировини може бути задоволено приблизно до 10% загальної потреби в первинних енергоносіях у Черкаській області.

Сьогодні як енергетичний ресурс солома в господарствах області використовується переважно в приватних домоволодіннях і не має масового використання. Проблем, що ускладнюють використання первинних рослинних відходів як енергоресурсів, декілька. По-перше, необхідність додаткової просушки соломи кукурудзи та соняшника й відсутність у господарствах прес-підбирачів для тюкування стебел цих культур зумовлюють зростання собівартості біопалива та незацікавленість агрогосподарств у його виробництві. По-друге, технологічною проблемою під час спалювання соломи є високий уміст у біомасі елементів (лужних металів, сірки, хлору), які призводять до підвищеної корозійної небезпеки і прискороного зносу обладнання. Додаткова витримка соломи в польових умовах мінімізує цей негативний фактор, але призводить до зростання вологості біомаси й зниження її енергетичної ефективності. Тому для отримання якісного біопалива з первинних відходів рослинництва необхідно зберігати солому в закритих складах.

Необхідне опрацювання технологічного досвіду європейських країн у рециклінгу первинних рослинних відходів з огляду на їх загальноекономічну й екологічну доцільність.

Ключові слова: первинні рослинні відходи, Черкаська область, урожайність, обсяги відходів, енергетичний потенціал, біопаливо.

Актуальність роботи. Військові дії під час російсько-української війни призвели до значних руйнувань енергетичної системи України, наслідки яких українці відчули протягом осінньо-зимового періоду 2022–2023 років. Вирішення проблеми енергонезалежності країни й, зокрема, об'єднаних територіальних громад у таких умовах є надзвичайно нагальним.

Черкаська область належить до енергодефіцитних регіонів України, у ній дефіцит електроенергії у 2021 році становив приблизно 2 млрд кВт год. Для поліпшення енергобалансу в області до 2020 року діяла Регіональна програма по розвитку малої гідроенергетики, спрямована на відновлення/або будівництво малих ГЕС. Сьогодні в Черкаській області діє 9 малих ГЕС. За

технічними можливостями вони є греблевими, що призводить до порушення гідрологічного режиму середніх і малих річок. Кліматичні зміни й екологічні проблеми, що виникають унаслідок експлуатації малих ГЕС, стимулюють пошук нових альтернативних шляхів для задоволення енергетичних проблем територіальних громад Черкащини. Дослідження перспектив використання рослинних залишків сільськогосподарського виробництва для вирішення енергетичних потреб Черкаського регіону є надзвичайно актуальними.

Аналіз попередніх досліджень. Сучасні технології використання біомаси як енергетичної сировини дають можливість отримати збалансовану генерацію електроенергії з гарантованою

Таблиця 1

Енергетичний потенціал первинних рослинних відходів сільськогосподарської біомаси в Україні [4]

Види с/г культур	Енергетичний потенціал, тис. т у. п.
Пшениця	3775
Ячмінь	825
Інші зернові	100
Зернобобові	89
Кукурудза на зерно	10718
Соняшник	8921
Ріпак і кольза	2080
Соя	1686
Усього	28262

потужністю. У сучасній біоенергетиці найбільш перспективним способом переробки первинних рослинних відходів є виробництво біогазу [1]. До важливих показників якості біопалива належить його теплотворна здатність і собівартість. Серед різновидів рослинної енергетичної сировини найкращими показниками володіє солома. Світовим лідером у використанні соломи як біопалива є Данія, у якій фермерські домогосподарства виробляють до 1 МВт електроенергії. Солома як енергетична сировина в значних обсягах використовується також в Австрії, Швеції, Фінляндії та Франції [2]. Крім того, значний енергетичний потенціал мають інші рослинні рештки аграрного виробництва: відходи кукурудзи на зерно, солома ріпаку, сої, стебла соняшнику, які не можуть бути використані як підстилка тваринам і як добрива. У європейських країнах на енергетичні потреби використовується до 50% соломи пшениці, стебел і залишків кукурудзи й соняшнику, а іншу біомасу залишають на полях для переорювання як органічне добриво [2].

Україна є потужною аграрною країною, тому залишкові продукти сільського господарства утворюються щорічно в значних обсягах. За розрахунками вітчизняних учених, енергопотенціал лише соломи становить 4,3 млн т умовного палива (далі – у. п.) на рік (приблизно 2% від загальних обсягів необхідного палива), однак її застосування вимагає значних капіталовкладень і не використовується в державних масштабах [3].

Енергетичний потенціал первинних відходів сільського господарства в Україні оцінюють на основі статистичних даних за валовим збором сільськогосподарських культур і розрахунку коефіцієнтів відходів (відношення сухої маси наземних залишків до маси зібраного з польовою вологістю врожаю). На коефіцієнт енергетичного використання соломи впливають потреби тваринництва, через що він може коливатися в різні роки залежно від співвідношення врожайності зернових культур і поголів'я ВРХ та свиней. Енергетичний потенціал різновидів рослинних відходів сільського господарства по Україні може суттєво відрізнятись (таблиця 1).

Аналіз сучасного стану розвитку вітчизняної біоенергетики вказує на можливість використовувати як енергетичну сировину (розрахунок на теоретичний потенціал) приблизно третину всієї утвореної соломи озимої пшениці (провідної зернової культури) та 40% відходів кукурудзи на зерно й соняшника [5].

Найбільші обсяги утворення первинних відходів рослинної сировини та найкращий економічний потенціал соломи як біопалива мають Одеська, Кіровоградська, Вінницька й Черкаська області. Сьогодні в територіальних громадах нашої країни використовується лише 1% економічного потенціалу соломи зернових культур і ріпаку як енергоресурсу [6].

Метою дослідження було визначення доцільності використання первинних рослинних відходів для поліпшення енергетичного балансу територіальних громад у Черкаській області. Розрахунок енергетичного потенціалу відходів рослинництва в регіоні дасть можливість розрахувати потужності для переробки рослинної біомаси на основі аграрних підприємств територіальних громад Черкащини, що може поліпшити проблему енергодефіциту області.

Матеріал, методи й результати досліджень.

Під час проведення дослідження використовували статистичні дані щодо валового збору зернових і зернобобових культур у Черкаській області за 2020–2021 роки [7], атлас енергетичного потенціалу відновлювальних джерел енергії України [6], загальноприйняті методики визначення енергетичної продуктивності первинних відходів рослинництва [4; 8; 9]. Обсяги первинних відходів сільськогосподарських культур визначали з урахуванням коефіцієнта відходів, розрахованого вітчизняними вченими [10].

Черкаська область є центральним регіоном України, на території якої сформовано 27 об'єднаних територіальних громад. Розвиток агропромислового комплексу Черкаської області зумовлений наявністю сприятливих агрокліматичних, водних і трудових ресурсів. Площа сільськогосподарських угідь займає приблизно

1,5 млн га, із яких майже 87% рілля. В аграрному секторі задіяно 573 підприємства та 1416 фермерських господарств [12]. Усього на території Черкащини виділено 9 виробничих типів аграрних господарств. Основу їх формування становить зернове господарство, вирощування технічних олійних культур і м'ясо-молочне скотарство [13]. У структурі рослинництва Черкаської області переважають зернові культури (рис. 1) [14].

За урожайністю зернових Черкащина перебуває в першій п'ятірці областей України. У структурі виробництва основних с/г культур по всіх категоріях господарств у Черкаській області переважає озима пшениця, кукурудза на зерно та соняшник (таблиця 2).

Для визначення кількості первинних відходів рослинництва враховується коефіцієнт відходів (K_v) [10]. Обсяги відходів основних сільськогосподарських культур у Черкаській області за 2019–2021 роки подано в таблиці 3.

Загальні обсяги відходів у розрахунках прийнято вважати теоретичним потенціалом біомаси

визначених культур рослин. Його значення може суттєво коливатися внаслідок погодних умов, що впливають на врожайність сільськогосподарських культур, передусім пшениці.

Обсяги соломи зернових і зернобобових культур, які можуть використовуватися з енергетичною метою, залежать від ступеня розвитку тваринництва, оскільки первинні рослинні відходи передусім використовують як підстилку й грубі корми ВРХ та свиней. Потреби тваринництва в соломі розраховуються з розрахунку 0,9 т на голову ВРХ та 0,365 т на голову свиней за рік. Уважається, що лише половина соломи, вільної від потреб тваринництва, може залучатися до виробництва енергії.

Коефіцієнт енергетичного використання (далі – КЕВ) соломи в Черкаській області не суттєво відрізняється в динаміці по роках (таблиця 4).

Результати розрахунків енергетичного потенціалу первинних відходів рослинництва в Черкаській області подано в таблиці 5.

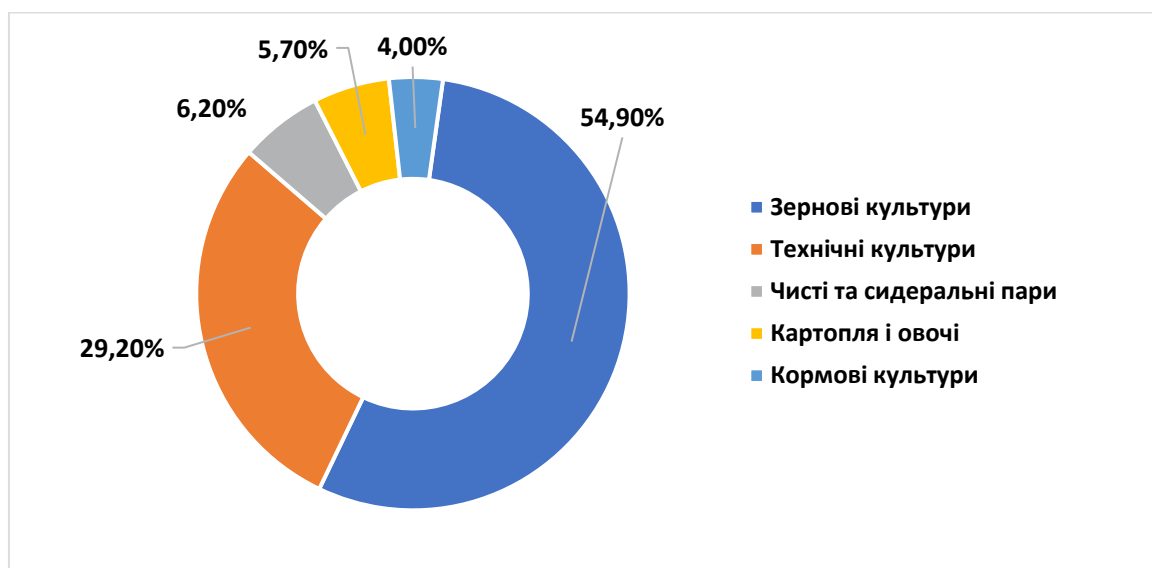


Рис. 1. Структура посівів рослинних культур в Черкаській області у 2019 році

Таблиця 2

Виробництво основних агрокультур у Черкаській області

Провідні сільськогосподарські культури	Валовий збір, тис. тонн		
	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Пшениця	1083,0	797,8	1228,9
Ячмінь	222,9	192,8	228,6
Кукурудза на зерно	3190,8	1650,8	3634,5
Соняшник	673,7	568,8	810,2
Соя	218,9	99,5	193,7
Ріпак і кольза	142,9	36,5	54,5

Таблиця 3

Обсяги відходів основних сільськогосподарських культур у Черкаській області за 2019–2021 роки

Обсяг відходів (тис. т)	Пшениця	Ячмінь	Кукурудза на зерно	Ріпак	Соняшник
Коефіцієнт відходів	1,0	0,8	1,5	2,0	2,0
2019 рік	1083,0	178,3	4786,2	285,8	1347,4
2020 рік	797,8	154,2	2476,2	73	1137,6
2021 рік	1228,9	182,9	5451,7	109	1620,4

Таблиця 4

Коефіцієнт енергетичного використання (КЕВ) соломи в Черкаській області

Показники	Роки		
	2019	2020	2021
Обсяги соломи зернових і зернобобових	7680,7	4638,8	8592,9
Поголів'я ВРХ	152,9	137,1	130,0
Обсяги соломи на потреби ВРХ	137,6	123,4	117
Поголів'я свиней	334,8	346,6	327,9
Обсяги соломи на потреби свиней	122	126,5	119,7
Обсяги залишків соломи	7421,1	4388,9	8356,2
КЕВ	0,48	0,47	0,48

Таблиця 5

Енергетичний потенціал провідних сільськогосподарських культур у Черкаській області за 2019–2021 роки

С/г культура	Валовий збір, тис. т	КВ	Обсяги відходів, тис. т	КУП	Теорет. потенціал, тис. т	КТД	Технічний потенціал, тис. т	КЕВ	Економічний потенціал тис. т
2019 рік									
Пшениця	1083,0	1	1083,0	0,59	638,9	0,8	511,12	0,48	245,33
Ячмінь	222,9	0,8	178,3	0,54	96,28	0,8	77,04	0,48	36,98
Кукурудза на зерно	3190,8	1,5	4786,2	0,47	2249,5	0,8	1799,6	0,7	1259,72
Ріпак	142,9	2,0	285,8	0,60	171,7	0,8	137,36	1	137,36
Соняшник (стебло)	673,7	2,0	1347,4	0,47	633,3	0,8	506,64	1	506,64
Усього	5313,3		7680,7		3789,68		3031,84		2186,03
2020 рік									
Пшениця	797,8	1	797,8	0,59	154,2	0,8	123,36	0,47	57,98
Ячмінь	192,8	0,8	154,2	0,54	83,27	0,8	66,62	0,47	31,31
Кукурудза на зерно	1650,8	1,5	2476,2	0,47	1163,81	0,8	931,05	0,7	651,73
Ріпак	36,5	2,0	73	0,60	43,8	0,8	35,04	1	35,04
Соняшник (стебло)	568,8	2,0	1137,6	0,47	534,67	0,8	427,74	1	427,74
Усього	3246,7		4638,8		1979,75		1583,81		1203,8
2021 рік									
Пшениця	1228,9	1	1228,9	0,59	725,05	0,8	580,04	0,48	278,42
Ячмінь	228,6	0,8	182,9	0,54	98,77	0,8	79,02	0,48	37,93
Кукурудза на зерно	3634,5	1,5	5451,7	0,47	2562,30	0,8	2049,84	0,7	1434,89
Ріпак	54,5	2,0	109	0,60	65,4	0,8	52,32	1	52,32
Соняшник (стебло)	810,2	2,0	1620,4	0,47	761,59	0,8	609,27	1	609,27
Усього	5956,7		8592,9		4213,11		3370,49		2412,83

Найбільший енергетичний потенціал із сільськогосподарських культур у Черкаській області мають відходи кукурудзи; друге місце посідають відходи соняшника: економічно доцільний потенціал стебел соняшника становив у 2021 році майже 610 тис. т; третє місце – відходи зернових (рис. 2).

Стебла кукурудзи та соняшника не вважаються гарною сировиною для отримання палива, оскільки потребують додаткової просушки, що зумовлює зростання собівартості палива. Також проблема полягає у відсутності в господарствах прес-підбирачів для тюкування стебел цих культур, що зумовлює додаткові витрати на її збір.

Перерахунок енергопотенціалу первинних відходів зернових в еквівалент умовного палива подано в таблиці 6.

Таким чином, первинні відходи зернових і зернобобових культур у Черкаській області

за сприятливих погодних умов для вирощування зернових культур (2021 рік) можуть дати приблизно 1,15 млн. т у. п. (1 млн м³ газу, або 1,8 млн т вугілля). Отже, за рахунок первинних відходів рослинної сировини може бути задоволено приблизно до 10% загальної потреби в первинних енергоносіях у Черкаській області.

Аналіз результатів дослідження показує, що первинні відходи рослинництва можуть стати реальним складником для виробництва енергії в Черкаській області, сприяти поліпшенню енергетичного балансу області, особливо в сільській місцевості. Найбільші перспективні енергетичні можливості мають рештки зернових і зернобобових культур.

Традиційно в аграрних господарствах області солома є цінним ресурсом для тваринництва, де використовується як корм і підстилка для сіль-

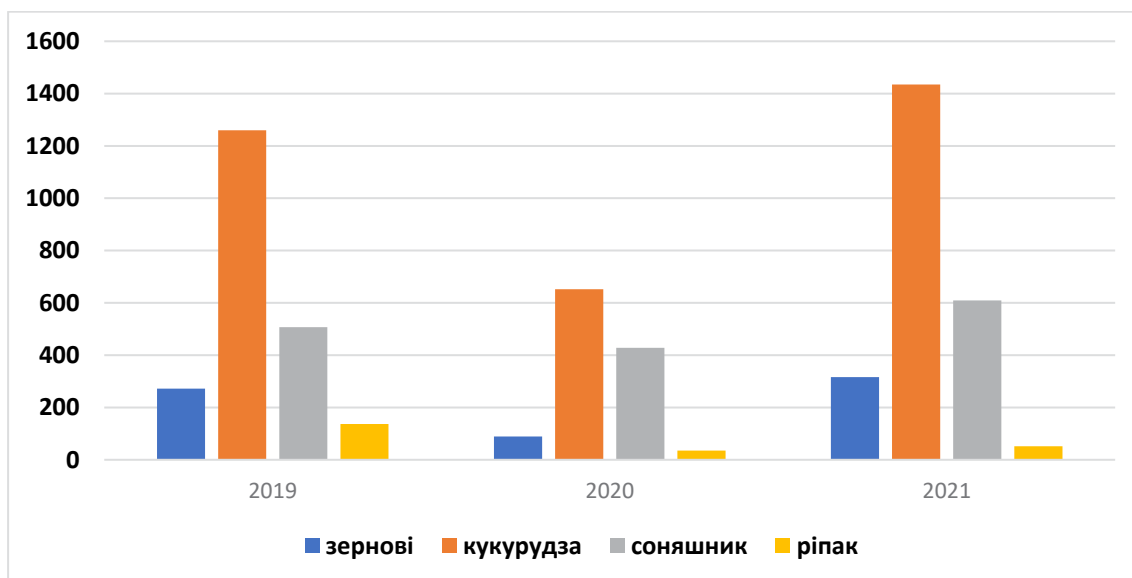


Рис. 2. Енергетичний потенціал провідних сільськогосподарських культур у Черкаській області за 2019–2021 роки (тис. т)

Таблиця 6

Енергопотенціал соломи зернових культур у Черкаській області в перерахунку на еквівалент умовного палива

Показник	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Економічний енергопотенціал соломи зернових культур, млн т	2,18	1,2	2,41
Калорійний еквівалент для соломи	0,4777	0,4777	0,4777
Еквівалент умовного палива, млн т	1,04	0,57	1,15
Калорійний еквівалент для газу	1,14	1,14	1,14
Еквівалент газу, млн м ³	0,9	0,5	1,0
Калорійний еквівалент для вугілля	0,627	0,627	0,627
Еквівалент для вугілля	1,7	0,9	1,8

ськогосподарських тварин. Первинні відходи рослинництва на полях можуть переорюватися як органічні добрива, захищати бурти овочів узимку від морозів тощо.

Як енергетичний ресурс солома в господарствах області використовується переважно в приватних домоволодіннях і не має масового використання. Практично не застосовуються на енергетичні потреби стебла соняшнику й кукурудзи, оскільки потребують додаткових зусиль і капіталовкладень для отримання ефективного пального. Поки що залишається проблема прискороного зносу опалювальних котлів через ризик підвищеної корозії під час спалювання соломи. Біопаливо з відходів рослинництва характеризується високим вмістом сполук сірки та хлору, виділення яких провокує технологічні проблеми експлуатації обладнання. Перебування соломи в польових умовах певний час поліпшує її хімічний склад, але збільшує вологість, що знижує енергетичну ефективність. Таким чином, для отримання якісного біопалива з первинних відходів рослинництва необхідно зберігати солому в закритих складах тривалий час.

Висновки та перспективи досліджень. Зростання вартості енергоресурсів і їх вичерпність, загострення енергетичної кризи у світі й в Україні стимулюють використання альтернативних видів палива, серед яких найбільш перспективним є використання біомаси рослинних організмів.

Україна має потужний аграрний сектор господарства й належить до країн-лідерів із виробництва зернових і зернобобових культур, при цьому в значній кількості утворюються первинні рослинні відходи (переважно солома). Разом із тим у нашій країні використовується лише 1% біомаси як енергоресурс.

Черкаська область входить к першу п'ятірку областей України з виробництва зернових культур. У регіоні найбільші обсяги соломи дають такі сільськогосподарські культури, як кукурудза (1 місце), соняшник та озима пшениця. Енергетичний потенціал первинних відходів сільського господарства в Черкаській області залежить від величини посівних площ, урожайності зернових і зернобобових культур, погодних умов і розвитку тваринництва. Економічний потенціал соломи зернових і зернобобових культур може задовольнити до 10% енергетичних потреб регіону.

Сьогодні стебла кукурудзи та соняшнику в агрогосподарствах області залишаються переважно на полях після збирання врожаю, незважаючи на їх значні обсяги й перспективність використання

як енергетичних ресурсів для місцевих громад. Солома використовується переважно в приватних домоволодіннях і не має масового застосування. Відсутність зацікавленості власників великих фермерських господарств у збиранні й подальшому продажу соломи цих культур як енергоресурсу пояснюється кількома факторами. У більшості господарств прес-підбирачі для тюкування стебел кукурудзи відсутні, додаткові витрати на збір підвищують собівартість відходів. Іншою проблемою є технологічна: спалювання соломи провокує підвищену корозійну небезпеку для опалювальних котлів через високий вміст у біомасі лужних металів, сполук сірки та хлору. Також якість соломи як біопалива значною мірою визначається її вологістю, тому для зберігання біомаси рекомендують будівництво закритих складів.

Вступ України до ЄС вимагатиме ширшого застосування зеленої енергетики в народному господарстві. Опрацювання технологічного досвіду європейських країн у рециклінгу первинних рослинних відходів, з огляду на їх загальноекономічну й екологічну доцільність, є необхідною умовою для розвитку біоенергетичного складника вітчизняного аграрного виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Напрями розвитку альтернативних джерел енергії: акцент на твердому біопаливі та гнучких технологіях його виготовлення : монографія / за ред. В.І. Д'яконова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017. 136 с.
2. Heletukha N.H., Zhelyezna T.A. Svitovyy dosvid vykorystannya vidkhodiv sil's'koho hospodarstva dlya vyrobnytstva enerhiyi [World experience in using agricultural waste for energy production]. *Ekolohiya pidpryyemstva – Enterprise ecology*. 2014. № 3. P. 56–69 [in Ukrainian].
3. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні *Аналітична записка БАУ* № 7. URL: <https://uabio.org/activity/1143/> (дата звернення: 10.10.2023).
4. Григорук І.І. Оцінювання енергетичного потенціалу рослинних відходів сільськогосподарського походження. *Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України*. 2019. № 6 (140). С. 57–62.
5. Гелетуха Г.Г. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. *Біоенергетична асоціація України* : веб-сайт. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2014/07/round-table-naas.pdf> (дата звернення: 15.10.2023).
6. Сільське господарство. Головне управління статистики у Черкаській області : веб-сайт. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/?p=stat_sg (дата звернення: 10.10.2023).
7. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за ред. С.О. Кудрі.

Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. 82 с.

8. Методика узагальненої оцінки технічно-досяжного енергетичного потенціалу біомаси / В.О. Дубровін та ін. Київ : ТОВ «Віолпринт», 2013. 25 с.

9. Морозов Р.В., Федорчук Є.М. Оцінка біоенергетичного потенціалу рослинних відходів та енергетичних культур у сільському господарстві. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. 2015. Вип. 10. Ч. 3. С. 111–117.

10. Крайсвітній П.А., Палій М.В., Рій О.В. Оцінка енергетичного потенціалу соломи зернових та головні аспекти використання її у біоенергетиці. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія «Економічні науки»*. 2012. Вип. 1 (56). С. 193–200.

11. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Ч. 1. Відходи сільського господарства та деревна біомаса / Г.Г. Гелетука, Т.А. Железна, М.М. Жовнір, Ю.Б. Матвеев, О.І. Дроздова. *Промислова теплотехніка*. 2010. Т. 32. № 6. С. 58–65.

12. Агропромисловий комплекс Черкаської області. Офіційний портал Черкаської ОДА : веб-сайт. URL: <https://ck-oda.gov.ua/ahropromyslovyj-kompleks> (дата звернення: 21.09.2023).

13. Сонько С.П. Сільськогосподарське районування – перший крок до збалансованого природокористування в агросфері *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2015. Вип. 3. № 1. С. 106–113.

14. Стратегія розвитку Черкаської області на період 2021–2027 років : веб-сайт. URL: <https://strategy2027-ck.gov.ua> (дата звернення: 18.08.2023).

POSSIBLE WAYS TO SOLVE THE ENERGY PROBLEMS OF THE CHERKASY REGION USING PRIMARY CROP WASTE

Liudmyla Yashchuk

Ph.D., Associate Professor at the Department of Ecology

Cherkasy State Technological University, 460 Shevchenko blvd, Cherkasy, Ukraine, 18006, l_yashchuk@ukr.net

ORCID: 0000-0001-8975-851X

Cherkasy region belongs to the energy-deficit regions of Ukraine, in which the electricity deficit in 2021 was approximately 2 billion kWh. Modern technologies using crop waste make possible to obtain a balanced generation of electricity. In the article was determined the energy potential of primary agricultural waste in the Cherkasy region. Calculations were made on the basis of statistical data on the gross harvest of the leading agricultural crops of the region and waste coefficients.

Cherkasy region is the central region of Ukraine, the area of agricultural land in which is almost 1.5 million hectares. The basis of the formation of agrarian farms is grain farming and the cultivation of technical oil crops. In the in varieties of agricultural crops in all categories of farms in the Cherkasy region prevail: winter wheat, corn for grain and sunflower. The straw of these agricultures has the greatest bioenergetic potential. The amount of grain and leguminous straw that can be used for energy purposes depends on the degree of development of animal husbandry, since primary vegetable waste is primarily used as bedding and roughage for cattle and pigs. The primary waste of these crops in the Cherkasy region under favorable weather for the cultivation of grain crops can yield approximately 1.15 million t. p.u. (1 million m³ of gas, or 1.8 million tons of coal).

Today, the stalks of corn and sunflower in agricultural farms of the region remain mainly in the fields after harvesting, despite their significant volumes and prospects for use as energy resources for local communities. Straw is used mainly in private households and is not widely used. The lack of interest of the owners of large farms in collecting and further selling the straw of these crops as an energy resource is explained by several factors. Most farms do not have balers for baling corn stalks, additional collection costs increase the cost of waste. Another problem is technological: the burning of straw provokes an increased corrosion hazard for heating boilers due to the high content of alkali metals, sulfur and chlorine compounds in the biomass. Also, the quality of straw as a biofuel is largely determined by its moisture content, therefore, the construction of closed warehouses is recommended for biomass storage.

It is necessary to study the technological experience of European countries in recycling primary plant waste in view of their general economic and ecological feasibility.

Key words: Primary crop waste, Cherkasy region, yield, volume of waste, energy potential, biofuel.

REFERENCES

1. Napriamy rozvytku alternatyvnykh dzherel enerhii: aktsent na tverdomu biopalyvi ta hnuchkykh tekhnolohiiakh yoho vyhotovlennia : monohrafiia / za red. V.I. Diakonova [Development directions of alternative energy sources: emphasis on solid biofuel and flexible technologies for its

production. Monograph]; Kharkiv. nats. un-t misk. hosp-va im. O.M. Beketova. Kharkiv : KhNUMH im. O.M. Beketova, 2017. 136 s. [in Ukrainian].

2. Heletukha, H.H., & Zhelyezna, T.A. (2014). Svitovyy dosvid vykorystannya vidkhodiv sil's'koho hospodarstva

dlya vyrobnytstva enerhiyi [World experience in using agricultural waste for energy production]. *Ekolohiya pidpryyemstva – Enterprise ecology*, 3, 56–69 [in Ukrainian].

3. Heletukha, H.H., Zheliezna, T.A. Perspektyvy vykorystannia vidkhodiv silskoho hospodarstva dlia vyrobnytstva enerhii v Ukraini Analitychna zapyska BAU [Prospects for the use of agricultural waste for energy production in Ukraine Analytical note BAU] № 7. URL <https://uabio.org/activity/1143/> (Accessed 10 Okt.2023) [in Ukrainian].

4. Hryhoruk, I.I. Otsynuyannya enerhetychnoho potentsialu roslynnyh vidhodiv sil's'kohospodars'koho pohodzhennya [Assessment of energy potential of agricultural residues]. In *Sotsial'noekonomichni problemy suchasnoho periodu Ukrayiny [Socio-Economic Problems of the Modern Period of Ukraine]*: 2019, Vol. 6 (140) (pp. 57–62) [in Ukrainian].

5. Heletukha, H.H. Suckasnyy stan ta perspektyvy rozvitu bioenergetiky v Ukraini [The current state and prospects for the development of bioenergy in Ukraine]. Bioenerhetychna asotsiatsiia Ukrainy – Bioenergy Association of Ukraine [Online], available at: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2014/07/round-table-naas.pdf> (Accessed 15 Okt.2023) [in Ukrainian].

6. Sil's'ke gospodarstvo. Golovne upravlinya statystyky u Cerkas'kiy oblasti. [Main Department of Statistics in Cherkasy Region. Agriculture] [Online], available at: https://www.ck.ukrstat.gov.ua/?p=stat_sg (Accessed 10 Okt.2023) [in Ukrainian].

7. Atlas enerhetychnoho potentsialu vidnovlyuvanyh dzherel energii Ukrainy [Atlas of the energy potential of renewable energy sources of Ukraine] za zag.red. O.O. Kudri. – Kyiv: Instytut vidnovlyuvanoj enerhetyky NAN Ukrainy, 2020. 82 [in Ukrainian].

8. Metodyka uzahal'nenoyi otsinky tekhnichno-dosyazhnoho enerhetychnoho potentsialu biomasy [Methods of generalized assessment of technically achievable biomass energy potential]. / Dubrovin, V.O., Kyiv: Violprint Ltd. [in Ukrainian], 2013, 25.

9. Morozov, R.V., Vedorckuk, E.M. Otsinka bioenerhetychnoho potentsialu roslynnyh vidhodiv ta enerhetycknyh kultur u sil's'komu hospodarstvi [Assessment of the bioenergy potential of plant waste and energy crops in agriculture] *Naukoviy visnyk Hersons'koho derzhavnogo universytetu*, 2015. Vypusk 10, Chastina 3, 111–117 [in Ukrainian].

10. Kraysvitniy, P.A., Paliy, M.V., & Riy O.V. Otsinka enerhetychnoho potentsialu solomy zernovykh ta holovni aspekty vykorystannya yiyi u bioenerhetytsi [Assessment of the energy potential of cereal straw and main aspects of its use in bioenergy]. *Zbirnyk naukovykh prats' Vinnyts'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Seriya: ekonomichni nauky [Proceedings of Vinnytsia National Agrarian University. Series: Economics]*: 2012, Vol. 1(56) (pp. 193–200) [in Ukrainian].

11. Heletukha, H.H., Zhelyezna, T.A., Zhovmir, M.M., Matvyeyev, Yu.B., & Drozdova, O.I. (2010). Otsinka enerhetychnoho potentsialu biomasy v Ukrayini. Ch. 1. Vidkhody sil's'koho hospodarstva ta derevna [Assessment of biomass energy potential in Ukraine. Part 1. Agricultural waste and wood]. In *Promyshlennaya teplotekhnika [Industrial heat engineering]*: 2010, Vol. 32(6) (pp. 58–65) [in Ukrainian].

12. Ahropromyslovyj kompleks Cerkaskoi oblasti [Agro-industrial complex of Cherkasy region] [Online], available at: <https://ck-oda.gov.ua/ahropromyslovyj-kompleks/> (Accessed 21 Sep.2023) [in Ukrainian].

13. Son'ko, S.P. Sil's'kohospodars'ke rayonuvannya – perchyj krok do zbalansovanoho pryrodokorystuvannya v agrosferi [Agricultural zoning is the first step towards a balanced use of nature in agriculture] *Visnyk Umans'koho natsional'noho universytetu sadivnytva. – Bulletin of the Uman National University of Horticulture. Issue 3, № 1*, 2015. –Uman` p. 106–113.

14. *Strategy rozvytku Cerkaskoi oblasti na period 2021–2027 roku.* [Development strategy of the Cherkasy region for the period 2021-2027]. [Online], available at: <https://strategy2027-ck.gov.ua/> (Accessed 18 Aug.2023) [in Ukrainian].

Стаття надійшла 13.10.2023