

УДК 662.997

А.І. СИМБОРСЬКИЙ, канд. екон. наук (Інститут загальної енергетики НАН України, Київ)

СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ

Проаналізовано використання біотехнологій на сучасному етапі розвитку нетрадиційної енергетики України, розглянуто перспективи їх впровадження у виробництво електричної та теплової енергії.

Одним із основних нетрадиційних поновлюваних джерел енергії в багатьох країнах світу є відходи біомаси: деревини, рослинних відходів сільськогосподарського виробництва, відходів тваринництва і птахівництва, а також органічної частини побутових і промислових відходів. Біомаса посідає четверту сходинку у світі за значенням видів палива і заміщує на сьогодні 1250 млн т у.п., що сягає 15% споживаних первинних енергоресурсів. Вона відіграє суттєву роль в енергобалансах промислово розвинених країн. Так, у США її доля становить 4%, в Данії – 6%, Канаді – 7%, Австрії – 14%, у Швеції – 16% загального споживання енергоресурсів.

На Другій Всесвітній конференції "Енергія з біомаси, промисловість і зміна клімату", яка відбулася в травні 2004 року, було зазначено, що в найближчі 50 років біомаса зможе забезпечувати 35-40% світового енергоспоживання [1]. На відміну від інших поновлюваних джерел енергії вона є універсальним джерелом, котре можна використовувати як для виробництва електричної та теплової енергії, так і для отримання біопалива на транспортні потреби. На разі настав час, коли людству необхідно переходити до використання енергоресурсів і технологій, що не залежать від викопних видів палива, які з кожним днем дорожчають. Біомаса є найреальнішим засобом вирішення проблеми забезпечення людства енергією. Тому найближчими роками необхідно всі-

ляко розвивати технології та виробничі процеси, щоб зробити біоенергетику конкурентоздатною з традиційними способами виробництва енергії відповідно до її великого щорічного потенціалу.

Загальні річні обсяги відходів біомаси в Україні налічують 115,5 млн т, з яких 54 млн т, або 46,8%, припадає на солому (табл. 1). Значна кількість енергії видобувається з таких трьох видів біомаси: відходів деревини, твердих міських відходів і відходів сільського господарства, в тому числі відходів тваринництва та птахівництва – 21,7 млн т, або 18,8% загальних річних обсягів біомаси.

Основним джерелом біомаси в країні є відходи сільського господарства, насамперед, солома зернових культур. Енергетичний потенціал біомаси по регіонах України за 2003 рік наведено в табл. 2. Тут загальна кількість соломи відповідає валовому збору зерна. Власні потреби сільськогосподарського виробництва (корм і підстилка для тварин) становлять 80% загальної кількості соломи, і лише 20% її може бути використано для виробництва енергії. Слід зазначити, що в Данії на виробництво енергії використовується 60% загального збору соломи. Отже, в перспективі Україна має значні резерви з використання соломи на енергетичні цілі.

Як видно з наведених даних, найбільше соломи мають такі регіони: Вінницька, Дніпропетровська, Київська, Полтавська та Черкаська області. Відповідно найбільшим є і їхній енергетичний

Таблиця 1. Загальні річні обсяги відходів біомаси в Україні [2]

Назва відходів	Обсяги біомаси	
	млн т	%
Солома різних культур	54,0	46,8
Стрижні качанів та листя, стеблева маса кукурудзи	12,0	10,4
Кошки соняшника	7,0	6,0
Виноградні та фруктові вижимки	9,0	7,8
Відходи деревини	3,0	2,6
Тверді міські відходи	8,8	7,6
Відходи тваринництва та птахівництва (за сухою масою)	21,7	18,8
Усього	115,5	100,0

Таблиця 2. Енергетичний потенціал соломи в Україні за 2003 рік

Області України	Валовий збір зерна, тис. т	Кількість соломи, тис. т	Енергетичний потенціал, тис. т у.п.
АР Крим	665	133	70
Вінницька	1213	242,6	120
Волинська	560	112	60
Дніпропетровська	1279	255,8	130
Донецька	699	139,8	70
Житомирська	478	95,6	50
Закарпатська	272	54,4	30
Запорізька	621	124,2	60
Івано-Франківська	263	52,6	30
Київська	1370	274	140
Кіровоградська	1186	237,2	120
Луганська	627	125,4	60
Львівська	577	115,4	60
Миколаївська	800	160	80
Одеська	1214	242,8	120
Полтавська	1529	305,8	150
Рівненська	410	82	40
Сумська	807	161,4	80
Тернопільська	736	147,2	70
Харківська	1076	215,2	110
Херсонська	405	81	40
Хмельницька	830	166	80
Черкаська	1235	247	120
Чернівецька	325	65	30
Чернігівська	1057	211,4	100
Усього	20234	4046,8	2020

потенціал, він становить близько 50% кількості соломи, що йде на енергетичні цілі. Так, у Вінницькій та Черкаській областях у 2003 році енергетичний потенціал соломи сягав 120 тис. т у.п., у Дніпропетровській – 130, Київській – 140, а в Полтавській – 150 тис. т у.п. (табл. 2).

Енергетичний потенціал біомаси окремих видів сільськогосподарських культур в Україні у 2003 році наведено в табл. 3. Загальна кількість біомаси визначалась як добуток врожайності культури та коефіцієнта відходів. Коефіцієнти відходів і частку біомаси, що не використовується ін-

шими галузями, отже, є доступною для виробництва енергії, визначено за експертними оцінками.

Як видно з наведених даних, найбільший енергетичний потенціал у 2003 році мали стебла соняшника (2,4 млн т у.п.), далі йдуть відходи кукурудзи (стебла та качани) – 2,1 млн т у.п., а третє місце посідає солома зернових (2 млн т у.п.). У цілому частка біомаси, яку можна використовувати на енергетичні цілі, становила 14472 тис. т, або майже 40% загальної кількості біомаси. При цьому сумарний енергетичний потенціал перелічених культур сягнув би 7 млн т у.п. (табл. 3).

Таблиця 3. Енергетичний потенціал біомаси окремих видів сільськогосподарських культур у 2003 році

Культура	Врожай, тис. т	Коефіцієнт відходів	Загальна кількість біомаси, тис. т	Доля біомаси, тис. т (%)	Енергетичний потенціал біомаси, тис. т у.п.
Зернові (солома)	20234	1,0	20234	4047 (20)	2020
Кукурудза на зерно (стебла, качани)	6875	1,3	8938	4469 (50)	2136
Соняшник (стебла)	4254	1,5	6381	5105 (80)	2440
Соняшник (лушпиння)	4254	0,2	851	851 (100)	407
Усього	-	-	36404	14472	7003

Підприємства переробної промисловості агропромислового комплексу завдяки використанню відходів виробництва як палива мають потужний потенціал енергозбереження. Наприклад, лише у 2003 році відповідні технології впровадили такі підприємства:

— ВАТ "Вінницякрупзавод" (Вінницька область) — впроваджено два котлоагрегати Е1/0,9, що працюють на лушпинні гречки. Економія природного газу становила 149,7 тис. м³/рік на суму 37,14 тис. грн.;

— ЗАТ "Соняшник" (Полтавська область) — за рахунок використання вторинних енергоресурсів (стебла, лушпиння) отримано річну економію паливно-енергетичних ресурсів: 2300 тис. м³ природного газу, 104 тис. кВт·год електроенергії, 1200 Гкал теплоенергії на загальну суму 678 тис. грн.;

— Чернівецький олійно-жировий комбінат (Чернівецька область) — за рахунок впровадження котла КЕ-10, який працює на соняшниковому лушпинні, отримано річну економію природного газу 1680 тис. м³ на суму 683 тис. грн. [3].

Найдоступнішим на сьогодні способом отримання енергії з біомаси рослинного і тваринного походження є її анаеробне — без доступу кисню — зброджування в біогазових установках. Біогаз є продуктом анаеробної бактеріальної деструкції органічних речовин. При виробництві біогазу до 90% органічної речовини відходів перетворюється на газ і воду. При цьому активно мінералізуються азот, фосфор, калій та інші речовини, що благотворно впливають на ріст рослин, тобто виробляються ефективні біодобрива. Отриманий газ має теплоту згоряння від 21 до 36 тис. КДж/м³ залежно від вмісту в ньому вуглекислого газу. Його можна безпосередньо використовувати як моторне паливо у двигунах внутрішнього згорання і в дизельних двигунах, а також для виробництва електричної та теплової енергії.

В Німеччині на сьогодні функціонує близько 800 фермерських біогазових установок, в Австрії — 100 біоустановок. В цілому в Європі виробляють енергію близько 6400 біогазових енергетичних установок (БЕУ) різного типу. Європейські БЕУ виробляють 10,37 ТВт·год електроенергії та 36,53 ПДж теплової енергії за рік [4].

На кінець 2003 року сільськогосподарські підприємства України мали таке поголів'я худоби: велика рогата худоба — 3165 тис. голів, у тому числі молочних корів — 1100 тис. голів; свиней — 2273 тис. голів, а також птиці — 42,3 млн голів [5]. Оцінку потенціалів відходів тваринництва та птахівництва, а також можливого ви-

робництва біогазу по регіонах України представлено в табл. 4.

При розрахунках виходу гною бралися такі вихідні дані: 1 т гною за добу дають 20-40 корів, 250-300 свиней, 8-9 тисяч кур-несучок і 10-15 тисяч бройлерів [6]. При цьому враховано зменшення кількості гною великої рогатої худоби (ВРХ) унаслідок часткового перебування її влітку на пасовищах, а також свиней, гній яких не годиться для анаеробного зброджування через надзвичайну вологість — це стосується комплексів з гідрозмивом і гідросплавом гною. Поголів'я худоби враховувалося лише на агропідприємствах, тобто без урахування худоби індивідуальних власників. Кількість кур-несучок розраховувалась виходячи із загального виробництва яєць і кількості яєць, що знесла одна курка в 2003 році [5].

Потім за спеціальними нормами розраховувався вихід гною для кожної групи худоби, кількість сухої речовини в ньому (ВРХ — 20-22%, свині — 9-12%, птиця — 25%) та кількість органічних речовин у сухому залишку (ВРХ і свині — 80-85, птиця — 75-77%). За показниками виходу біогазу із 1 кг органічної маси визначався вихід біогазу для всіх видів худоби. Таким чином, було підраховано, що 2003 року можна було отримати із гною ВРХ, свиней, кур-несучок і бройлерів 1177,6 млн м³ біогазу, енергетичний потенціал якого становив 851,6 тис. т у.п. (табл. 4).

Ми вживаємо термін "можливого" виробництва біогазу, оскільки до 2004 року в Україні не було великих біогазових установок. Правда, у 80-х роках минулого століття в Київській, Запорізькій та деяких інших областях було запущено малопотужні біоенергетичні установки типу "Кобас" тощо, але через економічні та технологічні труднощі вони швидко вийшли з ладу.

В 1999 році в рамках проекту технічної допомоги уряду Нідерландів було розпочато спорудження, а в грудні 2003-го було запущено першу в Україні велику біогазову установку на свинофермі компанії "Агро-Овен" у селі Єленівка, що в Магдалинівському районі на Дніпропетровщині. Первинним джерелом енергії для роботи біоенергетичної установки став гній 14 тис. свиней. Установка має два реактори-метантенки по 1000 м³ кожен, дві когенераційні установки на базі двигунів внутрішнього згорання з електричною і тепловою потужністю 80 і 160 кВт кожна та систему зневоднювання збродженого гною. З метою підтримки мезофільного бактеріального процесу в метантенках підтримується температура 32-34°C. Гнойові стічні води подаються в реактори через

Таблиця 4. Оцінка потенціалу відходів та можливого виробництва біогазу в тваринництві та птаівництві України за 2003 рік

Регіони	ВРХ			Свіні		Кури-несучки		Бройлери		Гній, усюго, тис. т	Обсяг біогазу, млн м ³ рік	Енергетичний потенціал біогазу, тис. т.у.п.	
	кількість голів, тис. шт.	гній за добу, т	гній за рік, тис. т	кількість голів, тис. шт.	гній за добу, т	кількість голів, тис. шт.	гній за рік, тис. т	кількість голів, тис. шт.	гній за рік, тис. т				
АР Крим	92	3067	694,2	66	235,7	53,3	981	42,1	1135	33,1	822,7	35,6	25,7
Вінницька	193	6433	1455,6	182	650	147,1	804	34,5	931	27,2	1664,4	72,0	52,2
Волинська	111	3700	837,3	27	96,4	21,8	353	15,2	409	11,9	886,2	38,3	27,7
Дніпропетровська	171	5700	1289,9	184	657,1	148,7	764	32,8	885	25,8	1497,2	64,8	46,9
Донецька	130	4333	980,4	125	446,4	101,2	1450	62,3	1680	49,1	1193,0	51,6	37,3
Житомирська	187	6233	1410,7	78	278,6	63,0	608	26,1	704	20,6	1520,4	65,8	47,6
Закарпатська	19	633	143,1	9	32,1	7,3	549	23,6	636	18,6	192,6	8,3	6,0
Запорізька	130	4333	980,4	145	517,9	117,2	588	25,2	681	19,9	1142,7	49,4	35,7
Івано-Франківська	35	1167	264,3	11	39,3	8,9	529	22,7	613	17,9	313,8	13,6	9,8
Київська	174	5800	1312,5	150	535,7	121,2	1940	83,3	2247	65,6	1582,6	68,5	49,5
Кіровоградська	89	2967	671,6	84	300	67,9	412	17,7	476	13,9	771,2	33,4	24,1
Луганська	85	2833	640,9	41	146,4	33,1	1117	48,0	1294	37,8	759,8	32,9	23,8
Львівська	66	2200	496,4	16	57,1	12,9	1098	47,2	1271	37,1	593,6	25,7	18,6
Миколаївська	82	2733	618,7	78	278,6	63,0	411	17,6	477	13,9	713,2	30,9	22,3
Одеська	127	4233	958,1	143	510,7	115,6	1470	63,2	1702	49,7	1186,6	51,3	37,2
Полтавська	209	6967	1576,8	170	607,1	137,4	941	40,4	1090	31,8	1786,4	77,3	55,9
Рівненська	104	3467	784,8	27	96,4	21,8	431	18,5	499	14,6	839,7	36,3	26,2
Сумська	161	5367	1214,7	93	332,1	75,1	667	28,6	772	22,5	1340,9	58,0	41,9
Тернопільська	92	3067	694,2	34	121,4	27,5	549	23,6	636	18,6	763,9	33,1	23,9
Харківська	202	6733	1523,9	132	471,4	106,7	1058	45,4	1226	35,8	1711,8	74,1	53,6
Херсонська	98	3267	739,5	92	328,6	74,4	470	20,2	545	15,9	850,0	36,8	26,6
Хмельницька	184	6133	1387,7	123	439,3	99,4	372	16,0	431	12,6	1515,7	65,6	47,4
Черкаська	177	5900	1335,2	170	607,1	137,4	823	35,3	953	27,8	1535,7	66,4	48,2
Чернівецька	41	1367	309,5	23	82,1	18,6	392	16,8	454	13,3	358,2	15,5	11,2
Чернігівська	206	6867	1554,2	70	250	56,6	823	35,3	953	27,8	1673,9	72,4	52,3
Україна в цілому	3165	105500	23874,7	2273	8117,9	1837,1	19600	841,6	22700	662,8	27216,2	1177,6	851,6

спільну змішувальну ємність. Гній в метантенках періодично переміщується, щоб стічні води не розділялись на фракції. Середній термін збродження гною становить близько 25 днів.

Біогаз, що утворився, збирається куполоподібним пластиковим газгольдером, розташованим над метантенком. Під час транспортування до газового двигуна біогаз очищується пристроями вловлювання конденсату. Теплота, отримувана внаслідок охолодження двигуна, використовується для нагрівання метантенка (10% влітку і до 40% взимку) та обігріву ферми взимку. Зброджена маса розділяється на рідку і тверду фракції сепаратором. Рідку можна перекачувати трубопроводами безпосередньо на найближчі поля як добриво, а тверду фракцію можна транспортувати на значні відстані та продавати як високоякісне добриво.

Капітальні витрати на зарубіжне устаткування і будівництво інфраструктури становлять 413,3 тис. дол. США, а експлуатаційні витрати — 21,2 тис. дол. США на рік. Установа дає річний прибуток у 72 тис. дол. США, який включає виробництво електроенергії на суму 41,4 тис. дол. США, теплоенергії — 5,6 тис. дол. США та мінеральних добрив на суму 25 тис. дол. США. Термін окупності змонтованої установки 8,1 року [4]. Його можна зменшити принаймні удвічі, якщо частково комплектувати БЕУ вітчизняним устаткуванням, для виробництва якого в країні є і машинобудівна база, і відповідні фахівці.

З огляду на те, що поголів'я великої рогатої худоби та свиней в сільськогосподарських підприємствах у майбутньому буде зростати, а не падати, як в останні роки (порівняно з 1995 роком поголів'я ВРХ зменшилося в 4,3 рази, свиней — в 3,2 рази, а порівняно з 2000-м — відповідно на 37,2% та 5,8%), отже збільшуватиметься і кількість гною, придатного для анаеробного збродження, та значне поширення цих технологій у світі, Інститут технічної теплофізики НАН України розробив концепцію розвитку біоенергетики країни [7].

Концепція передбачає будівництво насамперед великих біогазових установок — з об'ємом метантенків від 800 м³ і більше. Такі установки можуть впроваджуватись на фермах ВРХ з поголів'ям від 600 голів, на свинофермах з поголів'ям від 6000 свиней і птахофабриках з поголів'ям від 200 тис. птахів. Для достатньої рентабельності вміст сухої речовини в гнійних стоках має перевищувати 8-10%, а вміст органічних речовин у сухій речовині — 85%. Такі умови забезпечують лише скребкові системи видалення гною, на відміну від систем гідрозмиву та гідросплаву.

В концепції розраховано загальну кількість біогазових установок, які можна побудувати в сільськогосподарському секторі України. Так, за розрахунками спеціалістів будівництво 2903 установок із середнім об'ємом метантенків 1000 м³ дозволить зекономити 870 тис. т у.п. у сільських регіонах і одержати незалежні джерела електро- і тепlopостачання, високоякісне органічне добриво, а також зробити вагомий внесок у поліпшення екологічного стану довкілля. Внаслідок повної реалізації запропонованої концепції сумарна встановлена потужність біогазових установок становитиме 9071 МВт теплової та 415 МВт електричної енергії. Це приведе до заміщення 6,7 млн т у.п. та зменшення викидів СО₂ на 34 млн т на рік [7].

Слід зазначити, що, крім сільськогосподарських підприємств, значний потенціал для впровадження біогазових установок мають підприємства харчової промисловості (цукрові, спиртові, молочні, пивоварні заводи та м'ясокомбінати), де біогаз може бути власним джерелом енергії, сприяючи переробці різних органічних відходів промислового виробництва. Так, середній м'ясокомбінат має близько 2 тис. м³ стоків за добу, а збродження кожного кубометра стоків дає не менше 5 м³ біогазу. Таким чином, лише на 130 м'ясокомбінатах України щодобово можна отримувати понад 1 млн м³ біогазу.

Чималий інтерес представляє і біогаз, який отримують із твердих побутових відходів (ТПВ), так званий звалищний газ. Нині на одного мешканця міста припадає 250-700 кг відходів на рік. При цьому кількість ТПВ щорічно зростає на 3-6%. Значна частина ТПВ — це органічні матеріали, зокрема харчові залишки, папір, картон, деревина. Їх співвідношення в масі відходів змінюється залежно від рівня розвитку країни, її географічного положення та культурних особливостей. Однак у цілому частка органічних фракцій ТПВ коливається від 56% у розвинених країнах до 62% у країнах, що розвиваються.

Існує три основні способи утилізації твердих побутових відходів: це пряме спалювання на сміттєспалювальних заводах, компостування та захоронення на звалищах і полігонах ТПВ. На відміну від звалищ полігони ТПВ обладнані системами ізоляції ґрунту від відходів і системами відводу фільтрату. Захоронення ТПВ на спеціальних полігонах у багатьох країнах світу вважається найекономічнішим способом їх знешкодження. Наприклад, у Нідерландах кількість ТПВ, які вивозяться на звалища чи полігони, становить 45-55%, в США — 62-85%, в Канаді — 93-96%, в Росії — 97%.

У товщі твердих побутових відходів за анаеробних умов утворюється біогаз — звалищний газ. Під дією бактерій частина органічних речовин розкладається з утворенням метану і вуглекислого газу, суміш яких і утворює біогаз. До його складу входять: метан (CH_4) — 50-70%, вуглекислий газ (CO_2) — 30-50%, а також у незначних кількостях — азот (N_2), кисень (O_2) і водень (H_2). Найпоширеніша система збирання біогазу складається з мережі вертикальних свердловин, з'єднаних між собою горизонтальними трубами. В середині вертикальної свердловини діаметром 0,6-1,2 м розміщено пластикову трубу діаметром 15-25 см, перфоровану отворами діаметром 3-6 мм. Глибина свердловини становить щонайменше 7 м і відповідає 50-90% товщини шару ТПВ. Радіус дії свердловини для збирання біогазу становить у середньому 30-95 м. Середня кількість свердловин — 2,5 свердловини на гектар полігону ТПВ. Вихід звалищного газу становить від 5-50 м³/год до 250 м³/год на одну свердловину залежно від місцевих умов.

Міста України генерують близько 10 млн т ТПВ на рік. Понад 90% цієї кількості збирається та вивозиться на 655 звалищ, із них 500 звалищ не мають елементарних запобіжних заходів проти забруднення підземних водоймищ та атмосферного повітря. Близько 140 звалищ — це полігони ТПВ, що можуть вважатися придатними для видобутку та використання звалищного газу. З цієї кількості лише 90 звалищ є великими, на них розміщується до 30% усіх ТПВ України. Саме ці полігони є найбільш рентабельними для видобутку й використання звалищного газу. Вихід звалищного газу, придатного для збирання і використання, становить 100 м³/т ТПВ при вмісті метану 55%. Енергетичний потенціал звалищного газу в Україні становить близько 400 млн м³/рік, що є еквівалентним близько 0,3 млн т у.п./рік.

На міському полігоні ТПВ Житомира створено єдину в Україні систему збору звалищного газу. Вона охоплює 10 гектарів закритого звалища побутових відходів і складається з 11 свердловин з розміщеними в них перфорованими трубами, які з'єднано в колектор. Дебет звалища становить близько 120 м³ біогазу на годину, який, до речі, ніяк не використовується [8]. А це понад 1 млрд м³ біогазу на рік, що за теплою згоряння є адекватним восьми залізничним цистернам дизельного пального ємністю 60 т кожна вартістю близько 100 тис. дол. США. Установка на полігоні газових двигунів-генераторів дала б змогу отримувати до 2000 МВт.год електроенергії за рік при завантаженні тривалістю 18 годин, а утилізація теплоти

відхідних газів і охолоджуючої рідини двигунів — таку саму кількість теплової енергії.

Техніко-економічне обґрунтування проекту видобування та використання звалищного газу для виробництва електроенергії на Луганському полігоні ТПВ, який містить 1,6 млн т відходів, передбачає два варіанти устаткування мініелектростанції потужністю 2 МВт: із двигунами українського виробництва (ВАТ "Первомайськдизельмаш") та з двигунами американського виробництва (Caterpillar) [9]. У розрахунках використано такі параметри: щорічний вихід звалищного газу — 5 м³/т відходів; термін експлуатації установки — 20 років. Собівартість електроенергії, виробленої міні-електростанцією з використанням звалищного газу на вітчизняному устаткуванні, становить 0,007 дол. США/кВт.год, а з використанням американського двигуна — 0,016 дол. США/кВт.год, тобто у 2,3 рази більше. Термін окупності проекту становить відповідно 2 і 4,6 роки.

Наступним потужним джерелом поновлюваної енергії є деревина. Суттєву перевагу деревини становить її екологічна чистота — вона не містить сірки, хлору та інших шкідливих для атмосфери елементів. При спалюванні деревина виділяє таку саму кількість вуглекислого газу, яку спожили дерева за час зростання, тобто вона є нейтральним паливом.

Частка деревини, яку країни Європи використовують для отримання енергії, досить висока. Так, у Данії вона становить 61% загального обсягу вивезеної з лісів деревини, у Франції — 56, Іспанії — 44, Швейцарії — 56%.

Загальний обсяг вирубанної деревини в Україні у 2003 році становив 14,266 млн щільних кубометрів [10]. Наслідком таких обсягів вирубки є велика кількість відходів. Нормативний залишок деревини на лісосіках дорівнював 12%, звідси залишки становили 1,945 млн щ.м³. За первинної обробки круглої деревини вихід пиломатеріалів становив 65% загального обсягу, решта йшло на відходи. У 2003 році було вироблено 2 млн м³ пиломатеріалів і до 60% відходів використано з користю. При цьому обсяги відходів первинної обробки кругляка становлять 1,077 млн м³, корисно використано — 0,646 млн м³, залишаються невикористаними і можуть вважатися за потенціал для виробництва електричної та теплової енергії — 0,431 млн м³ (табл. 5).

Відходи деревини на деревообробних комбінатах (ДОК) при виготовленні готової продукції підраховувались таким чином. За даними статистичного щорічника у 2003 році при виробництві

Таблиця 5. Енергетичний потенціал відходів деревини в Україні у 2003 році

Вид деревних відходів	Кількість, млн щ.м ³	Енергетичний потенціал, млн т у.п.
Порубочні залишки (деревина невивезена з лісосік), W(вологість деревини)=50-60%	1,945	0,434
Відходи деревини в держлісгоспах (тирса, тріска, обрізки, кора), W=40-45%	0,431	0,110
Відходи на деревообробних комбінатах (тирса, тріска, обрізки), W=25-30%	0,427	0,117
Вивезені з лісосік дрова, W=40-45%	3,337	0,840
Усього	6,140	1,501

продукції в деревообробній промисловості України в цілому утворилося 0,858 млн щ.м³ відходів деревини (відходи первинної обробки круглої деревини та відходи на ДОКах) [10]. Віднявши від цієї кількості обсяг відходів при розпилюванні кругляка (0,431 млн щ.м³), отримуємо 0,427 млн щ.м³ відходів на ДОКах при виготовленні готової продукції. Минулого року з лісу було вивезено 3,337 млн щ.м³ дров. Таким чином, загальний енергетичний потенціал деревини в Україні у 2003 році становив 6,14 млн щ.м³, або 1,501 млн т у.п.

Про практичну реалізацію енергетичного потенціалу деревини свідчать такі два приклади. Товариство "Домобудівник" (Тернопільська область) впровадило комплекс утилізації відходів деревини. Економія природного газу за 2003 рік становила 60 тис. м³ на суму 20,1 тис. грн. На підприємстві "Хмільникмеблі" (Вінницька область) було введено в дію котли, що спалюють відходи деревини, за рахунок чого було зекономлено 25 тис. м³ природного газу за рік на суму 9 тис. грн. [3].

На сьогодні в Україні деревина використовується в енергетичних цілях переважно на підприємствах лісозаготівельної галузі. При цьому відходи деревообробки (тирса, тріска, кускові відходи) спалюються "дідівськими" методами в необладнаних або самостійно переобладнаних під спалювання деревини котлах, спроектованих для спалювання вугілля або мазуту. Певна річ, про якісний процес спалювання, високий КПД котла і малу емісію вуглекислого газу годі й казати. А оті 12% нормованих відходів при заготівлі лісу сьогодні не використовують — їх просто спалюють на місцях вирубки для очищення території.

Тим часом у розвинених країнах Європи є спеціалізовані котли для спалювання відходів деревини. Так, в Україні з 1999 року реалізується спільний з Нідерландами проект технічної допомоги, за яким стали до ладу два сучасні котли для

спалювання деревних відходів. Перший котел встановлено в селищі Оржив Рівненської області на заводі з виготовлення фанери "ОДЕК Україна", де планове виробництво фанери становить 25 тис. м³ на рік.

Деревоспалювальний котел фірми KARA має потужність 5 кВт і за номінальної потужності виробляє 7,8 т/год пари тиском 10 бар. Вироблена котлом пара витрачається для сушіння шпону в сушильних камерах, опалення цехів та офісів в зимовий період та розпарювання деревини в восьми великих басейнах з гарячою водою — для подальшого виготовлення шпону. Введений у серпні 2000 року котел повністю замінив діючі до того газові котли, які давали технологічну пару. Щодня в ньому спалюють 22 т деревної тріски і виробляють в середньому 84 т пари. Для виробництва такої кількості пари необхідно було б спалити 6,15 тис. м³ природного газу вартістю 480 дол. США на добу. В разі збільшення випуску продукції та повного завантаження котла економія газу становитиме 4,3 млн м³ на рік на суму 335 тис. дол. США [11].

Вартість такого комплексу голландського виробництва (з механізованим сховищем деревної тріски, обладнанням хімічної підготовки води тощо) становить близько 750 тис. дол. США. За розрахунками спеціалістів термін окупності його становить 2,6 року.

Другий демонстраційний котел встановлено в Малинському держлісгоспі-технікумі Житомирської області. Обидва котли обладнано нахильно-перештовхувальними решітками і призначено для спалювання тирси, кори та трісок вологістю до 60%.

Успішно завершено також датсько-український проект технічної допомоги, в рамках якого в селі Дрозди Київської області введено в експлуатацію котел потужністю 980 кВт для спалювання великих тюків соломи.

Іноземне біоенергетичне обладнання має чималу вартість, тому не всі українські підприємства в змозі його придбати. Отже необхідно налагодити випуск такого обладнання в Україні, а частка закордонних комплектуючих буде в межах 25-40%. За таких умов вартість біоенергетичного обладнання українського виробництва значно знизиться. Так, капітальні витрати на спорудження біогазової установки українського виробництва з 40% закордонних комплектуючих становлять 280 тис. дол. США, що майже в півтора рази менше від вартості суто закордонної установки. За рахунок цього строк окупності вітчизняної установки становитиме 5,6 року, а закордонної — 8,1 року [12].

Вартість українського котла, аналогічного котлу фірми "KARA", потужністю 5 МВт, з 30% закордонних комплектуючих очікується на рівні 1330 тис. грн. — близько 240 тис. дол. США, тобто утричі дешевше за суто голландський. Те саме

можна сказати і про котел з ретортою для спалювання відходів деревини та котли для спалювання соломи.

Компанія "Південтеплоенергомонтаж" за ліцензією датської фірми "Passat Energy" розпочала випуск соломоспалюючих теплогенераторів періодичної дії RAU-2-181, RAU-2-301, RAU-2-331, RAU-2-600 потужністю від 0,1 до 1,2 МВт. Топки цих теплогенераторів можуть спалювати не лише прямокутні тюки соломи зернових культур розмірами від 1,6×1,2×0,7 м до 2,4×1,2×1,3 м та циліндричні тюки діаметром від 1,40 до 2,00 м, а також дрова і торф з коефіцієнтом корисної дії 75%. При цьому вартість 1 Гкал у господарствах із середніми показниками споживання тепла при застосуванні системи опалення на соломі становить близько 25 гривень, що порівняно з опаленням на природному газі (близько 85 гривень) вигідніше більше ніж утричі, а строки окупності цих теплогенераторів становлять від одного до трьох років.

1. Зелена енергетика. — 2004. — №3(15). — С. 9.
2. Державний комітет України з енергозбереження НАН України. Програма державної підтримки розвитку нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики. — К., 1977. — С. 47.
3. Лук'янчук В.П. Роль державної інспекції з енергозбереження у впровадженні енергозберігаючих технологій та обладнання. — Енергоінформ. — №40(274). — 30 вересня — 06.09.04. — С. 6.
4. Ю. Матвеев, Г. Гелетуша. Біогазова станція. Український досвід // Зелена енергетика. — 2004. — №1(13). — С. 4-6.
5. Україна в цифрах у 2003 році. Короткий статистичний довідник. — К. — С. 113.
6. Гелетуша Г.Г., Кобзарь С.Г. Современные технологии анаэробного сбраживания биомассы (обзор) // Экотехнологии и ресурсосбережение. — 2002. — №4. — С. 3-10.
7. Г. Гелетуша, С. Кобзар. Перспективи розвитку технологій отримання біогазу в Україні // Зелена енергетика. — 2001. — №3. — С.12-14.
8. А.П. Кудряш, В.Н. Бганцев, А.М. Левтеров, В.П. Мараховский. Мотор-генератор, работающий на свалочном газе // Энергетика и электрификация. — 2004. — №3. — С. 53-55.
9. Г. Гелетуша, К. Копейкін. Біогаз зі звалищ. Перспективи використання в Україні // Зелена енергетика. — 2002. — №1(5). С. 13-17.
10. Статистичний щорічник України за 2003 рік. — К., 2004.
11. Г. Гелетуша, С. Тишаев. Повернення до енергоресурсів лісу // Зелена енергетика. — 2001. — №2. — С. 10-11.
12. Гелетуша Г.Г., Железная Т.А., Тишаев С.В., Кобзарь С.Г. Развитие биоэнергетических технологий в Украине // Экотехнологии и ресурсосбережение. — 2002. — №3. — С. 3-11.