

АНАЛІТИЧНА ЗАПИСКА

UABIO

№ 25 | 2020



Г.Г. Гелетуха, С.В. Драгнев, Т.А. Железна, А.І. Баштовий

**ПЕРСПЕКТИВИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО
ВИКОРИСТАННЯ ПОБІЧНОЇ
ПРОДУКЦІЇ ВІД ВИРОЩУВАННЯ
СОНЯШНИКУ**

Аналітична записка № 25 Біоенергетичної асоціації України є черговою в запланованій серії публікацій з основних питань розвитку біоенергетики в Україні.

В Аналітичній записці представлено результати техніко-економічного аналізу заготівлі побічної продукції вирощування соняшнику для енергетичного використання. Актуальність теми обумовлена збільшенням в Україні за останні роки валових зборів соняшнику, що створює можливість впровадження технологій заготівлі побічної продукції цієї сільськогосподарської культури, для подальшої переробки у тверді, рідкі та газоподібні біопалива. Визначено енергетичний потенціал побічної продукції соняшнику у регіонах України. Розглянуті паливні характеристики стебел і кошиків соняшнику. Наведено передумови для сталого розвитку ланцюжків доданої вартості побічної продукції вирощування соняшнику.

© Біоенергетична асоціація України, 2020

Жодна частина цієї публікації не має бути відтворена, розповсюджена або передана в будь-якій формі або будь-якими способами, включаючи фотокопіювання, запис чи інші електронні або механічні методи, без прямого індексованого посилання на першоджерело чи письмової згоди. Письмову згоду можна отримати за контактами наведеними нижче.

Публікація доступна на: <https://uabio.org/materials/uabio-analytics/>

Для відгуків та коментарів: dragnev@uabio.org

Біоенергетична асоціація України

вул. Марії Капніст, 2-А, оф. 116,

м. Київ, Україна, 03057

+38 (044) 453-28-56

info@uabio.org

www.uabio.org

Зміст

Зміст.....	3
1. Огляд ресурсів побічної продукції соняшнику.....	4
1.1. Сучасний стан виробництва соняшнику в світі та Україні	4
1.2. Оцінка енергетичного потенціалу побічної продукції соняшнику в Україні	9
1.3. Огляд характеристик побічної продукції соняшнику	14
2. Аналіз ланцюжка постачання побічної продукції соняшнику.....	18
3. Енергетичне використання побічної продукції соняшнику.....	22
3.1. Тверде біопаливо	22
3.2. Біогаз	24
3.3. Біоетанол	26
4. Сталий розвиток ланцюжків доданої вартості побічної продукції соняшнику.....	28
Висновки	31
<i>Умовні позначення та скорочення</i>	32
<i>Попередні публікації БАУ</i>	33

1. Огляд ресурсів побічної продукції соняшнику

1.1. Сучасний стан виробництва соняшнику в світі та Україні

Соняшник – основна олійна культура в Україні. Вирощують його з метою отримання насіння, яке містить олії 30-35%, а ядра – 50-60%¹. По кількості олії, що добувається з насіння, соняшник посідає перше місце серед олійних культур, а по смакових якостях соняшnikова олія вважається однією із кращих. У великій кількості соняшникове насіння переробляється у харчові жири, а гірші сорти йдуть на технічні цілі. Соняшник має велике кормове значення. Одержувана при переробці насіння макуха містить 20-35% білків й вважається досить гарним концентрованим кормом для тварин.

Крім цього, важливим є значення соняшнику для енергетичного сектора. Так, при переробці соняшnikового насіння утворюється близько 15% лушпиння, яке в основному спалюють для отримання енергії та переробляють у паливні гранули і брикети. Також як енергетична біомаса може використовуватися побічна продукція виробництва насіння соняшнику. Зола, одержувана при спалюванні стебел соняшнику, багата калієм і використовується для виробництва поташу, а також як калійне добриво.



Рис. 1.1. Поле соняшнику

З 2012 р. Україна стала світовим лідером по обсягам виробництва соняшнику. За попередніми даними USDA, наведеними у **табл. 1.1**, у 2019/2020 МР валовий збір соняшнику в Україні склав 16,5 млн т, що становить майже 30% від світового виробництва. Інші найбільші виробники соняшнику – Росія (15,31 млн т) та ЄС (9,75 млн т). Слід відзначити, що перше місце в світі за посівними площами соняшнику займає Росія (8,36 млн га у 2019/2020 МР, або 31,6% від світових площ), але врожайність цієї культури там менше середньосвітового показника. У ЄС за валовими зборами соняшнику у 2019 р. лідирували Румунія (3,45 млн т), Болгарія (1,9 млн т), Угорщина (1,7 млн т) та Франція (1,32 млн т) (**рис. 1.2**).

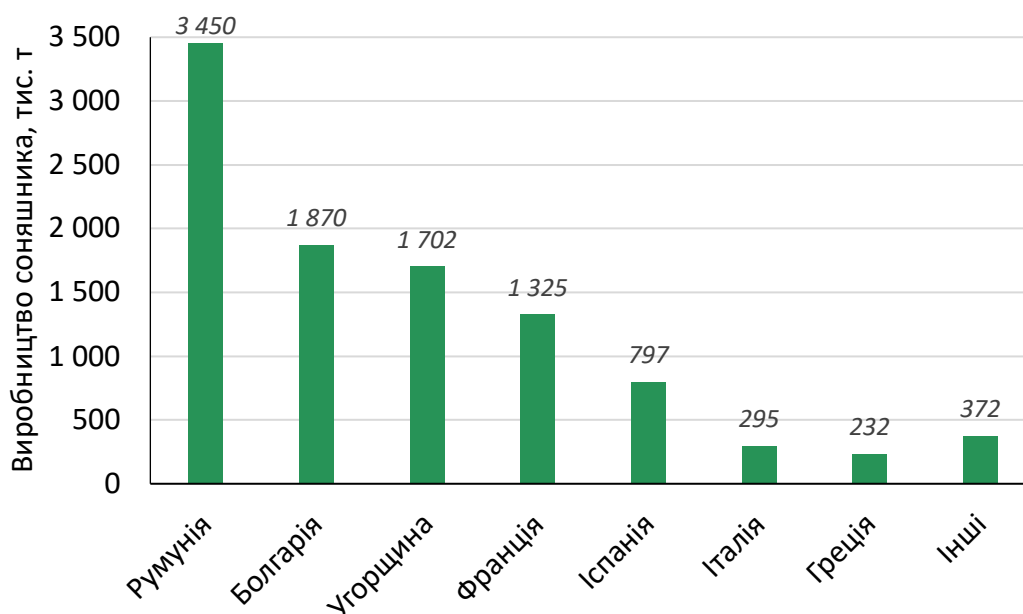
¹ http://nsfond.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=25&Itemid=24&lang=uk

Таблиця 1.1. Основні виробники соняшнику у світі (за МР)²

№ П/П	Країна / регіон	Площа, млн га			Врожайність, т/га			Валовий збір, млн т		
		2017/ 2018	2018/ 2019	2019/ 2020	2017/ 2018	2018/ 2019	2019/ 2020	2017/ 2018	2018/ 2019	2019/ 2020
1	Україна	6,80	6,50	6,40	2,01	2,31	2,58	13,70	15,00	16,50
2	Росія	7,15	7,94	8,36	1,45	1,60	1,83	10,36	12,71	15,31
3	ЄС	4,39	4,12	4,35	2,30	2,31	2,24	10,13	9,51	9,75
4	Аргентина	1,68	1,88	1,59	2,11	2,04	2,14	3,54	3,83	3,40
5	Китай	1,17	0,92	1,25	2,69	2,71	2,60	3,15	2,49	3,25
6	Туреччина	0,70	0,72	0,73	2,21	22,52	2,40	1,55	1,80	1,75
7	Казахстан	0,88	0,85	0,82	1,02	1,00	1,13	0,90	0,85	0,92
8	США	0,54	0,49	0,50	1,80	1,94	1,75	0,97	0,96	0,88
	Світ	25,92	25,93	26,48	1,85	1,95	2,09	47,85	50,55	55,25

Примітка: 2018/2019 МР – попередні дані, 2019/2020 МР – прогноз (квітень 2020 р.).

Маркетинговий рік (МР) – починається з 1 вересня і закінчується 31 серпня.

Рис. 1.2. Виробництво соняшнику у країнах ЄС у 2019 р.³

Суттєво росте врожайність соняшнику, що відображено на рис. 1.3. З 1961 по 2019 рр. середня світова урожайність соняшнику зросла у два рази – з 1,0 т/га до 2,1 т/га. Середня урожайність в Україні перевищує середньосвітову, а у 2019 р. перевищила середню урожайність країн ЄС. Але потенціал вирощування соняшнику в Україні ще повністю не використано, особливо в зонах Лісостепу та Полісся⁴. На сьогодні зусилля вчених спрямовані на вдосконалення технології вирощування соняшнику, виведення скоростиглих сортів та гібридів, які забезпечать розширення зон вирощування.

² World Agricultural Production, USDA Reports <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>

³ <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>

⁴ <https://propozitsiya.com/ua/suchasni-sorti-ta-gibridi-sonyashniku>

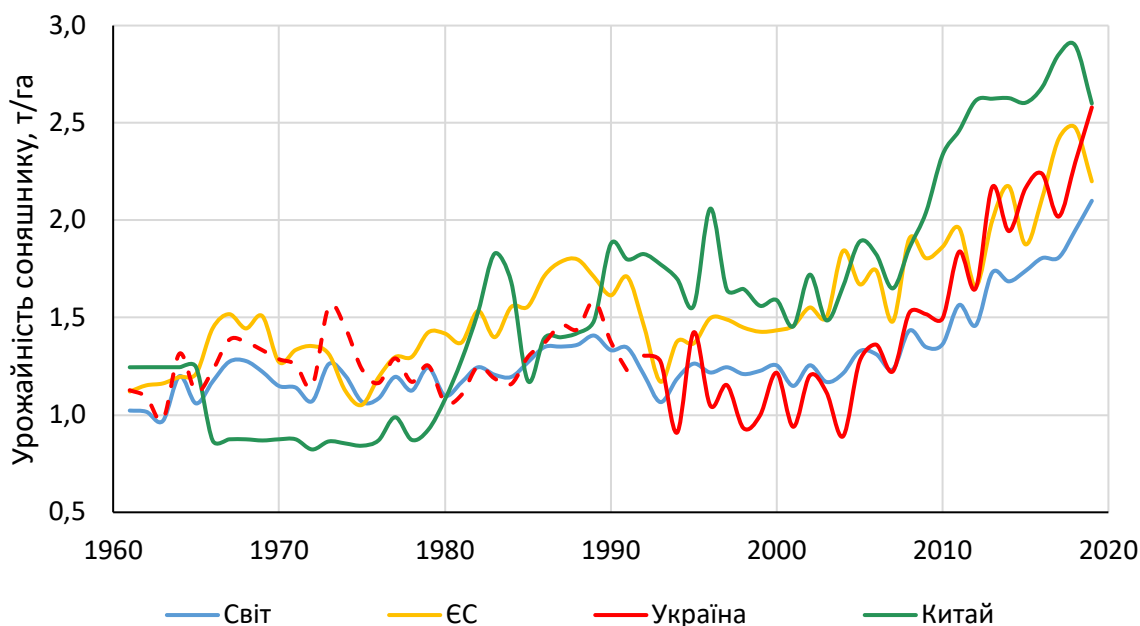


Рис. 1.3. Зростання врожайності соняшнику з 1961 по 2019 рр.⁵

З 1990 р. по 2016 р. площі під соняшником в Україні зросли більше, ніж у 3,5 разів. Це пов'язано із розвитком вітчизняного олійно-жирового комплексу, який забезпечив стабільний попит на насіння соняшнику на внутрішньому ринку. Було створено потужний сектор переробки соняшнику в продукцію з доданою вартістю – олію, на відміну від інших напрямків рослинництва, де зібраний урожай переважно експортується як сировина. У 2018 р. було експортовано 5,6 млн т соняшникової олії на 4,1 млрд дол. США⁶.

Соняшник декілька років ставав найбільш рентабельною сільськогосподарською культурою в країні. За даними державної служби статистики України, у 2018 р. рентабельність вирощування соняшнику у підприємствах склала 32,5%, тоді як рівень рентабельності всієї їх діяльності становив 13,5%⁷. У 2015 р. рентабельність вирощування соняшнику досягала 78,4% (при рівні рентабельності всієї діяльності підприємств 30,4%).

Регіональний розподіл валового збору соняшнику, зібраних площ та урожайності в Україні наведено у **табл. 1.2**.

Таблиця 1.2. Виробництво соняшнику в областях України у 2015-2019 рр.⁸

Область	Валовий збір (виробництво), тис. т					Зібрана площа, 1000 га					Урожайність, ц/га				
	2015	2016	2017	2018	2019	2015	2016	2017	2018	2019	2015	2016	2017	2018	2019
Вінницька	503,6	819,8	725,8	808,1	846,1	187,0	266,7	248,2	259,9	246,2	26,9	30,7	29,2	31,1	34,4
Волинська	5,2	15,6	39,5	69,5	94,5	2,5	6,4	15,9	23,6	31,4	20,6	24,3	24,7	29,4	30,1
Дніпропетровська	1198,6	1264,1	1202,8	1283,2	1448,6	536,3	631,4	625,1	592,7	593,2	22,4	20,0	19,2	21,6	24,4
Донецька	528,3	620,0	555,5	531,0	685,7	316,8	332,5	335,0	311,1	314,6	16,7	18,6	16,6	17,1	21,8

⁵ <http://www.fao.org/faostat/en/#data>

⁶ Зовнішня торгівля України. Статистичний збірник, 2019.

⁷ Сільське господарство України. Статистичний збірник за 2018 рік.

⁸ Дані Державної служби статистики України.

Житомирська	141,5	231,7	247,6	298,6	324,6	60,6	91,9	107,4	142,7	117,9	23,3	25,2	23,1	20,9	27,5
Закарпатська	4,7	6,9	6,8	5,4	8,0	2,7	3,2	3,1	2,7	3,8	17,6	21,8	21,7	19,7	21,4
Запорізька	961,8	985,2	866,4	720,5	1020,6	536,1	601,9	571,3	568,8	535,6	17,9	16,4	15,2	12,7	19,1
Івано-Франківська	27,3	53,1	76,9	57,6	61,1	12,1	23,1	31,6	24,8	23,9	22,4	23,0	24,4	23,2	25,5
Київська	292,1	452,6	397,5	570,1	508,0	116,0	165,6	164,8	191,7	159,4	25,2	27,3	24,1	29,7	31,9
Кіровоградська	1170,1	1293,8	1091,9	1458,7	1540,3	547,8	577,4	553,7	588,8	572,9	21,4	22,4	19,7	24,8	26,9
Луганська	484,8	670,1	566,1	720,9	860,6	308,4	339,5	361,1	361,2	375,7	15,7	19,7	15,7	20,0	22,9
Львівська	27,8	67,6	73,7	79,8	72,7	11,0	26,3	35,1	34,1	25,5	25,4	25,7	21,0	23,4	28,6
Миколаївська	938,7	1162,3	875,8	1087,2	1063,4	475,6	558,5	532,6	559,9	499,2	19,7	20,8	16,4	19,4	21,3
Одеська	755,3	1004,2	903,9	886,3	693,4	418,0	468,6	453,8	413,6	364,7	18,1	21,4	19,9	21,4	19,0
Полтавська	848,4	824,4	730,9	943,9	979,3	315,2	312,5	311,7	329,8	323,6	26,9	26,4	23,5	28,6	30,3
Рівненська	9,6	37,0	67,0	58,4	77,9	4,2	13,2	24,6	24,2	27,7	22,8	28,0	27,3	24,1	28,1
Сумська	471,2	488,4	516,3	621,0	777,1	175,2	196,9	201,7	213,4	236,7	26,9	24,8	25,6	29,1	32,8
Тернопільська	74,7	149,1	234,2	190,6	215,6	30,9	55,1	82,1	70,8	59,9	24,1	27,0	28,5	26,9	36,0
Харківська	1172,2	1352,2	1103,0	1468,2	1480,6	402,8	486,6	484,9	529,0	528,0	29,1	27,8	22,7	27,8	28,0
Херсонська	486,5	613,1	499,2	552,8	641,2	300,6	383,3	356,6	341,7	353,0	16,2	16,0	14,0	16,2	18,2
Хмельницька	105,9	346,7	438,7	484,1	513,4	40,0	115,8	146,2	157,5	140,2	26,4	30,0	30,0	30,7	36,6
Черкаська	541,6	576,0	504,7	640,9	673,7	190,1	203,4	203,4	201,9	201,4	28,5	28,3	24,8	31,7	33,4
Чернівецька	20,8	55,5	43,6	52,4	34,3	10,4	19,6	17,3	19,6	12,5	20,0	28,4	25,3	26,8	27,3
Чернігівська	410,4	537,5	467,7	576,0	633,7	165,9	207,3	193,5	203,0	211,9	24,7	25,9	24,2	28,4	29,9
УКРАЇНА	11181,1	13626,9	12235,5	14165,2	15254,1	5166,2	6086,7	6060,7	6166,5	5958,9	21,6	22,4	20,2	23,0	25,6

Традиційно найбільше соняшнику вирощують у Степу та Лісостепу. Але в останні роки поля із соняшником з'явилися і на Поліссі. Найбільші площі у 2019 р. були засіяні цією культурою у Дніпропетровській області (зібрана площа 593 тис. га), Кіровоградській (573 тис. га), Запорізькій (536 тис. га) та Харківській (528 тис. га). За валовим збором в Україні лідирують Кіровоградська область (1540 тис. т у 2019 р.), Харківська область (1481 тис. т) та Дніпропетровська область (1449 тис. т). За урожайністю у 2019 р. лідирували Хмельницька область (36,6 ц/га), Тернопільська (36,0 ц/га), Вінницька (34,4 ц/га), Черкаська (33,4 ц/га) та Сумська (32,8 ц/га).

Урожайність соняшнику залежить від сприятливих для вирощування цієї культури ґрунтово-кліматичних умов, якості насінневого матеріалу та агротехнологічних прийомів. Вчасне та якісне збирання урожаю – відповідальний завершальний етап вирощування сільськогосподарських культур. Важливим фактором збільшення врожаю є правильні терміни початку збирання врожаю. Основним критерієм початку збору врожаю є вологість насіння, яка залежить від фази дозрівання і погодних умов. Нарощування маси насіння та олії закінчується через 35-40 днів після масового цвітіння. Далі йде фізичне випаровування води і настає господарська зрілість. Передзбиральне сушіння соняшнику за допомогою хімічних речовин (десикація) у фазі фізіологічної зрілості прискорює дозрівання і підсушує насіння, дозволяючи на 8-12 днів раніше приступити до збору врожаю. Оптимальні строки збору врожаю наступають коли 20-25% всього посіву мають жовте і жовто-буре забарвлення, а інші рослини – сухі і бурого кольору. На цьому етапі ступінь вологості насіння знижується до 11-13%, кошиків – до 69-75%, стебел – до 60-70%⁹.

⁹ <https://agroexp.com.ua/uk/kak-pravilno-ubirat-podsolnechnik-chtoby-velichit-urozhay>

За умови, що в господарстві є сушильна техніка та велика площа посіву соняшнику, можна розпочинати збирання при вологості насіння 20-22%. Слід враховувати, що для тривалого зберігання придатне насіння з вологістю не більше 7-8%. За підвищеної вологості насіння окислюється, і олія стає непридатною для харчування.

Оптимальна тривалість збирання соняшнику – 5-6 днів. Якщо соняшник починають збирати у фазі повної стиглості, то на п'ятий день втрати від осипання насіння збільшуються в 2 рази, а на 15 день у 12 разів¹⁰. В Україні період збирання соняшнику починається у серпні і закінчується у листопаді, при цьому основний урожай збирають у вересні-жовтні.



Рис. 1.4. Поле соняшнику в очікуванні збирання

Збирають соняшник зернозбиральними комбайнами із спеціальними або універсальними жатками. Можна застосовувати адаптери, спеціальні насадки (соняшникові приставки) для зернових жаток. Жатки можуть бути з подрібнювачем стебел або без нього. Використання подрібнювача призведе до зменшення продуктивності й збільшення витрат пального під час збирання, але заощадить на мульчуванні¹¹. Класичні жатки призначені для традиційної технології вирощування соняшнику із шириною міжрядь 70 см. Лінія зрізу, на якій містяться різальні апарати жнивarki, має бути на 20-25 см нижче за кошики. Зернозбиральний комбайн рухається полем, зазвичай, уздовж посівів, рядками. Це сприяє збиранню з достатньо високою робочою швидкістю (до 9 км/год) і максимальною ефективністю. Зрізані кошики та частково висипане з них насіння подаються до молотильно-сепаруючої системи комбайна¹². Стеблова маса залишається стояти у полі (рис. 1.5), формуючі основну частину післяжнивних решток соняшнику.

¹⁰ <https://agrosience.com.ua/plant/zbyrannya-sonyashnyku>

¹¹ <https://agrotimes.ua/article/suchasne-zbyrannya-sonyashnyku-v-ukrayini/>

¹² <https://propozitsiya.com/ua/sonyashnik-zibrat-ne-pole-pereyti>



Рис. 1.5. Поле соняшнику після збирання урожаю основної продукції

Під час наступних технологічних операцій із використанням спеціалізованих сільськогосподарських машин рослинні рештки подрібнюють та розподіляють по полю. Але іноді агровиробники спалюють на полі практично усе, що залишається після вирощування соняшнику¹³. Альтернативою спалюванню можна розглядати збирання побічної продукції соняшнику для енергетичного використання.

1.2. Оцінка енергетичного потенціалу побічної продукції соняшнику в Україні

1.2.1. Вихід різних частин побічної продукції соняшнику

В Україні вирощують соняшник середньоросійського еко типу. Рослини висотою 120-190 см, не галузяться, насіння панцирне, що обумовлює його стійкість проти шкідників. Залежно від сорту, гібрида, погодних умов, родючості ґрунту рослини олійних гібридів досягають висоти майже 3 м, а силосних сортів – 3,5-4,5 м. Середньодобовий приріст стеблини соняшнику від сходів до утворення двох пар листків становить 0,8-1,0 см, до утворення кошиків – 1,5-1,7 см, до цвітіння – 3,0-4,3 см. При збільшенні маси кошиків верхня частина стебла з кошиком у більшості сортозразків поникає¹⁴. Діаметр стебла біля поверхні ґрунту може досягати 5-8 см, з висотою поступово зменшується. Соняшник має потужну добре розгалужену стрижневу кореневу систему, яка до кінця вегетації досягає глибини 260-280 см. Кількість листків на рослині, навіть в межах одного сорту, буває різною: у ранньостиглих – 24-28 шт., середньостиглих – 28-32 шт. Формування кошиків у ранньостиглих гібридів починається при наявності 3-4, у середньопізніх – 5-8 пар справжніх листків. Основна маса листя збільшується у розмірі лише до цвітіння соняшнику, а після цвітіння збільшується площа верхнього прикошикового листя. Ріст кошиків триває до їх пожовтіння. Діаметр кошиків 5-40 см у залежності від гібриду та умов вирощування. При досягненні певного віку листя віддають частину

¹³ <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/8996-spaliuvannia-solomy-ta-roslynykh-reshtok-u-poli-koryst-chy-shkoda.html>

¹⁴ Ткаліч І.Д. Агротехнічні заходи підвищення урожайності насіння соняшнику в умовах степу України / І. Д. Ткаліч, А. Д. Гирка, О. В. Бочевар, Ю. І. Ткаліч // Зернові культури. – Інститут зернових культур НААН України, Том 2, № 1, 2018. С. 44–52. <https://dspace.dsau.dp.ua/jspui/bitstream/123456789/1655/1/5bcd8b153bd1d.pdf>

накопиченого раніше азоту для формування білкового та жирового комплексу насіння¹⁵. На останній макростадії розвитку соняшнику настає повна стиглість насіння, а рослина відмирає¹⁶.

Післяжнивні рештки соняшнику включають надземні частини: стебла, листя, кошики і полову, яка утворюється при обмолочуванні, та підземну – коріння. Соняшникові жатки розробляють з метою забезпечення зрізання кошиків з насінням при обмеженій подачі у комбайн стеблової маси. Висоту зрізу жатки встановлюють на 10-20 см нижче рівня найбільш нахилених кошиків¹⁷. Зрізана стеблова маса та кошики проходять через молотильно-сепаруючу систему комбайна і при цьому подрібнюються. Така біомаса може бути зібрана у бункер або причеп. Так, у 80-х роках минулого сторіччя збирали соняшник комбайном СК-5 «Нива» з подрібнювачем ПУН-5, які забезпечували збирання полови та кошиків у тракторні причепа на корм худобі. Це дозволяло зібрати тільки полови до 3-5 ц/га¹⁸. При цьому технологічні карти вирощування соняшнику за прогресивною технологією враховували врожайність соняшнику 25-30 ц/га, кошиків 40-45 ц/га.

Деякі аграрії регулюють сепарацію насіння у комбайні для збільшення потрапляння домішок у бункер з кошиків та інших частин соняшнику. У подальшому на стаціонарних зерноочисних машинах виділяють чисте насіння, а органічні сміттєві домішки використовують як енергетичну біомасу у теплогенераторах зерносушарок та твердопаливних котлах. Але можливість широкого використання такої технології для заготівлі значних обсягів побічної продукції соняшнику та її реалізації обмежені з огляду на зменшення продуктивності комбайна, збільшення навантаження на нього і зростання витрати дизельного палива, а також зволоження насіння. При цьому отримується засмічена різноманітними домішками біомаса неоднорідного складу, що негативно впливає на її паливні характеристики.

Нині подрібнені частини кошиків та стеблової маси після комбайну, розкидаються по поверхні поля, і підібрати таку біомасу дуже складно. Існуюча агротехнологія передбачає подрібнення та рівномірний розподіл решток соняшнику спеціалізованими сільськогосподарськими машинами, що потребує значних витрат. Це та інші виробничі фактори призводять до того, що стебла соняшнику стоять у полях до весни. Потім, коли дані рослинні рештки заробляють у ґрунт, вони не встигають розкластися та створюють труднощі для посіву наступної у сівозміні культури. Для уникнення цього аграрії спалюють рештки соняшнику. Тому іншим варіантом заготівлі, що дозволить зібрати більші обсяги побічної продукції соняшнику з полів, є збирання стеблової маси – соняшничиння, що залишилась стояти у полі (див. **рис. 1.5**), наприклад, використовуючи силосозбиральні комбайни. Важливою перевагою такого підходу є можливість підсушення стебел у полі, що сприяє отриманню біомаси з кращими паливними характеристиками.

За дослідженнями соняшнику у сівозмінах Лівобережного Лісостепу України, з поля відчужується насіння, що складає 20-23% загальної маси врожаю та 10-15% полови. Все інше залишається на полі, на якому вирощувався соняшник. Найповніший облік всіх компонентів вдається зробити, коли у рослин починають підсихати, але ще залишаються на стеблі, листки нижнього ярусу. Це час пожовтіння кошиків – фізіологічна стиглість насіння. Абсолютно суха маса однієї рослини (висота 170-185 см, кількість листків 28-30) становить 250-280 г, у середньому 265 г. При густоті стояння рослин на час збирання – 50 тис./га абсолютно суха маса післяжнивних решток

¹⁵ Ткалич І.Д. Цветок солнца (основы биологии и агротехники подсолнечника: монография / И.Д. Ткалич, Ю.И. Ткалич, С.Г Рычик // Под. ред. И.Д. Ткалича. – Днепропетровск, 2011. – 172 с.

¹⁶ <https://superagronom.com/multimedia/infographics/17-infografika-rozvitok-sonyashniku-vsi-fazi-rozvitku>

¹⁷ <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/582-rekomendatsii-do-zbyrannia-rannikh-zernovykh-ta-zernobobovykh.html>

¹⁸ Рекомендации по прогрессивной технологии производства подсолнечника. – К.: «Урожай», 1981. – 29 с.

соняшнику становитиме біля 13,0 т/га¹⁹. Вихід сухих кошиків складає 56-60% насіння соняшнику та 19-20% маси надземної частини рослини²⁰. У Туреччині використовується співвідношення виходу стебел соняшнику до насіння 1,29 та співвідношення кошиків до насіння 1,17²¹.

За іншими оцінками, з гектару соняшнику крім насіння отримується 3-7 т сухої біомаси, з яких 10% складають кошики²². У середньому приймають коефіцієнт виходу побічної продукції соняшнику до насіння 1,9^{23,24}. Орієнтовні потоки біомаси при вирощуванні та переробці соняшнику наведені на **рис. 1.6**.

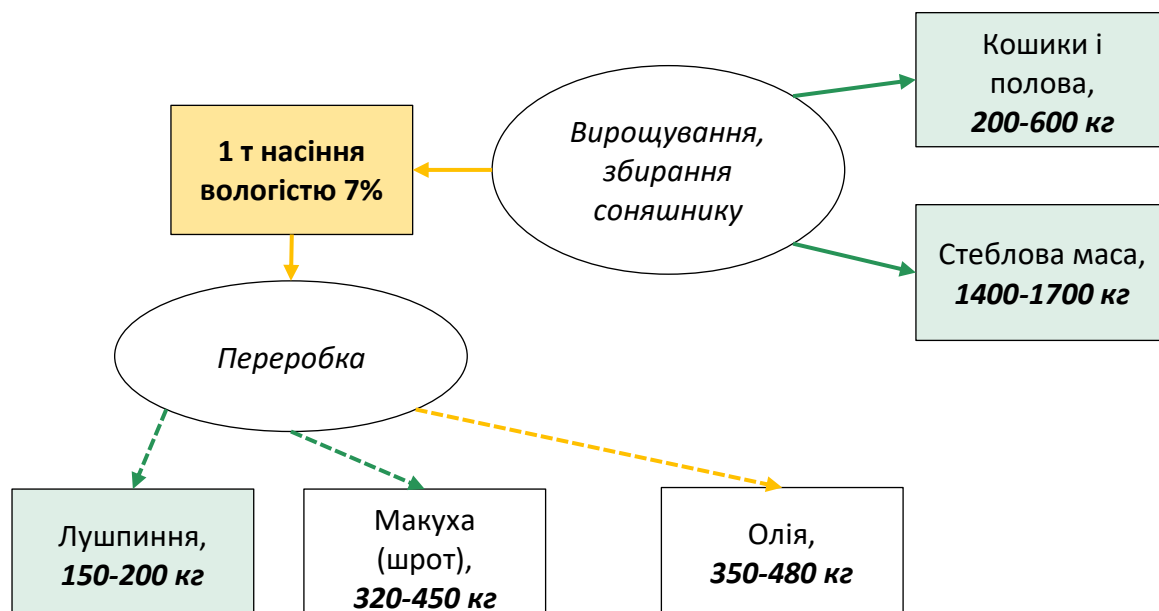


Рис. 1.6. Обсяги надземних частин соняшнику на 1 т насіння та продуктів його переробки

Урожай, зібраний з поля соняшнику, може бути повністю використаний у біоенергетиці. На **рис. 1.7** зображено результати оцінки обсягів енергії, які можна отримати від енергетичного використання побічної продукції від вирощування соняшнику на площі 1 га та переробки його насіння у дизельне біопаливо. Для оцінки вирощування враховувалася врожайність насіння соняшнику 2,86 т/га (2,6 т с.р./га), вихід побічної продукції 6,33 т/га (5,66 т с.р./га). Для розрахунків переробки цих обсягів соняшникового насіння прийнято вихід біодизелю 0,96 т/га, шроту 0,91 т с.р./га, лушпиння 0,64 т с.р./га, гліцерину 0,11 т с.р./га.

¹⁹ Кохан А.В., Гангур В.В., Корецький О.Є., Лень О.І., Манько Л.А. Соняшник у сівозмінах лівобережного Лісостепу України / Вісник Центру наукового забезпечення агропромислового виробництва Харківської області 2015 р., №18. https://agromage.com/stat_id.php?id=1060

²⁰ Нікітчин Д.І. Соняшник. – К.: Урожай, 1993. – 192 с. – (Рос. мовою).

²¹ <http://www.fao.org/3/a-i6480e.pdf>

²² V. Marechal, L. Rigal Characterization of by-products of sunflower culture – commercial applications for stalks and heads / Industrial Crops and Products 10 (1999) 185–200.

²³ Методика узагальненої оцінки технічно-досяжного енергетичного потенціалу біомаси / В.О. Дубровін, Г.А. Голуб, С.В. Драгнєв, Г.Г. Гелетуа, Т.А. Железна, П.П. Кучерук, Ю.Б. Матвєєв, С.О. Кудря, Г.М. Забарний, З.В. Маслокова. – К.: ТОВ «Віолпринт», 2013. – 25 с.

²⁴ Е.Н. Богатырева, Т.М. Серая, О.М. Бирюкова, Т.М. Кирдун, Ю.А. Белявская, М.М. Торчило Коэффициенты пересчета зерна и семян в побочную продукцию и содержание основных элементов питания в побочной продукции сельскохозяйственных культур в республике Беларусь / Почвоведение и агрохимия, № 2(57), 2016. – 78-89 с. http://aw.belal.by/russian/science/soilandagro_pdf/57/57-7.pdf

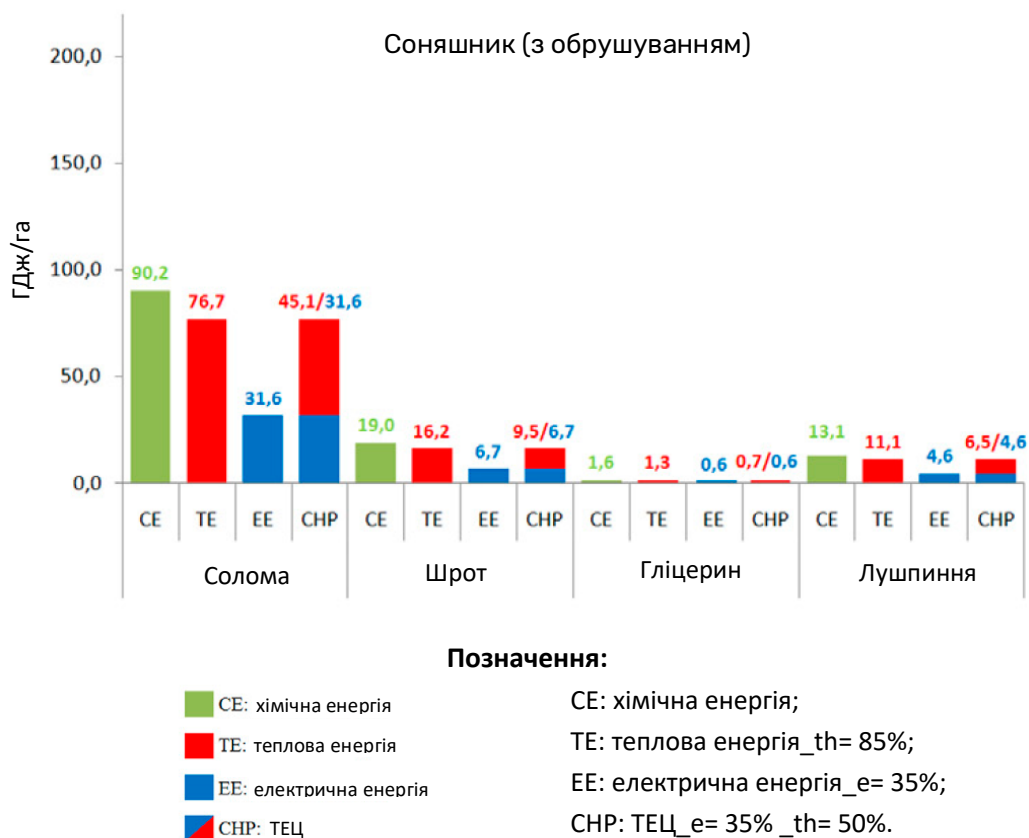


Рис. 1.7. Енергетичний потенціал побічної продукції від вирощування соняшнику на 1 га та побічної продукції від переробки його насіння у дизельне біопаливо²⁵

1.2.2. Енергетичний потенціал побічної продукції вирощування соняшнику

Оцінка енергетичного потенціалу побічної продукції соняшнику в Україні у 2019 р., зроблена на базі підходів Біоенергетичної асоціації України²⁶, показала наступні результати (табл. 1.3):

- теоретичний потенціал (весь обсяг утвореної побічної продукції) складає **28,9 млн т**, або **4,2 млн т н.е.**;
- економічний потенціал (обсяги, **доступні для енергетичного використання**, що складають **40%** від теоретичного потенціалу) становить **11,6 млн т**, або **1,7 млн т н.е.**

²⁵ D. Duca, G. Toscano, G. Riva, C. Mengarelli, G. Rossini, A. Pizzi, A. Del Gatto, E. Foppa Pedretti Quality of residues of the biodiesel chain in the energy field, Industrial Crops and Products Volume 75, Part A, 2015, 91-97.

²⁶ Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні. Аналітична записка БАУ №7 – Біоенергетична асоціація України, 2014. – 33 с. <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-7-ukr-draft.pdf>

Таблиця 1.3. Енергетичний потенціал побічної продукції соняшнику в Україні у 2019 р.

Області	Теоретичний потенціал		Економічний потенціал	
	тис. т	тис. т н.е.	тис. т	тис. т н.е.
Вінницька	1607,5	230,4	643,0	92,1
Волинська	179,5	25,7	71,8	10,3
Дніпропетровська	2752,3	394,4	1100,9	157,8
Донецька	1302,8	186,7	521,1	74,7
Житомирська	616,8	88,4	246,7	35,4
Закарпатська	15,3	2,2	6,1	0,9
Запорізька	1939,0	277,9	775,6	111,2
Івано-Франківська	116,1	16,6	46,5	6,7
Київська	965,2	138,3	386,1	55,3
Кіровоградська	2926,5	419,4	1170,6	167,8
Луганська	1635,1	234,3	654,0	93,7
Львівська	138,0	19,8	55,2	7,9
Миколаївська	2020,5	289,6	808,2	115,8
Одеська	1317,4	188,8	527,0	75,5
Полтавська	1860,7	266,6	744,3	106,7
Рівненська	148,1	21,2	59,2	8,5
Сумська	1476,4	211,6	590,6	84,6
Тернопільська	409,7	58,7	163,9	23,5
Харківська	2813,1	403,1	1125,2	161,3
Херсонська	1218,2	174,6	487,3	69,8
Хмельницька	975,4	139,8	390,2	55,9
Черкаська	1280,0	183,4	512,0	73,4
Чернівецька	65,2	9,3	26,1	3,7
Чернігівська	1204,0	172,5	481,6	69,0
УКРАЇНА	28982,828	4153,46	11593,131	1661,38

Розподіл потенціалу побічної продукції соняшнику на території України не рівномірний. Регіони з самою високою концентрацією цього виду біомаси – це області з найбільшими обсягами виробництва соняшнику. У 2019 р. найбільший потенціал побічної продукції соняшнику був у Кіровоградській області (з економічним енергетичним потенціалом 167,8 тис. т н.е.), у Харківській області (161,3 тис. т н.е.) та у Дніпропетровській області (157,8 тис. т н.е.) (рис. 1.8).



Економічний потенціал побічної продукції соняшнику, тис. т н.е.

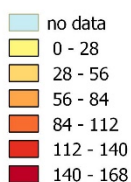


Рис. 1.8. Картограма економічного енергетичного потенціалу побічної продукції соняшнику у регіонах України у 2019 р.

За оцінками проекту ЕС ECFYFS²⁷, технічно-сталий потенціал побічної продукції соняшнику в Україні, який враховує технічні та екологічні обмеження заготівлі агробіомаси, складає 5,7 млн т/рік. Є можливість для зростання цього потенціалу на 2-8% за рахунок використання спеціалізованих стратегій рослинництва та на 10-15% при застосування особливих стратегій щодо рослинних решток. Але слід відзначити, що це дослідження розглядало три діапазони урожайності соняшнику: низьку – менше 1,5 т/га, середню – від 1,5 до 2,2 т/га та високу – понад 2,2 т/га, і для України приймалася низька урожайність. У 2019 р. в Україні досягнуто середню врожайність соняшнику 2,56 т/га, тому можна вважати, що подальше зростання енергетичного потенціалу побічної продукції соняшнику може бути досягнуто, в основному, за рахунок збільшення площ під соняшником.

1.3. Огляд характеристик побічної продукції соняшнику

Стебла, кошики соняшнику (без насіння) та суміші стебел і кошиків являють собою волокнисті матеріали із низьким вмістом білку та дуже змінним складом через різницю в зрілості та пропорціях різних фракцій решток²⁸. У **табл. 1.4** наведено енергетичні характеристики стебел, кошиків, лущиння та шроту соняшнику. Хімічний склад і паливні характеристики у кошиків і стебел

²⁷ https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Ecofys%20-%20Final%20report%20EC_max%20yield%20biomass%20residues%2020151214.pdf

²⁸ <https://www.feedipedia.org/node/143>

соняшнику аналогічні. Загалом побічну продукцію соняшнику можна розглядати як лігноцелюлозну сировину, яка може бути перероблена у тверді, рідкі та газоподібні біопалива, але також ця біомаса може використовуватися для виробництва кормів та як сировина для різних галузей промисловості.

Таблиця 1.4. Енергетичні характеристики різних складових побічної продукції та продуктів переробки соняшнику²⁵

Найменування	Нижча теплота згоряння		Вологість, %	Зольність, %	Cl, %	S, %	C, %	H, %	N, %	Температура плавлення золи, °C	
	МДж/кг роб.	МДж/кг с.р.								SST	DT
Стебла	14,252	16,190	10,4	8,3	0,13	0,06	44,6	7,2	0,8	920	1100
Кошки	13,824	15,980	11,7	12,5	0,3	0,16	44,3	7,3	1,4	960	1130
Лушпиння	19,153	20,704	6,7	3,6	0,05	0,14	54,4	7,3	1,6	897	1002
Макуха (лушпиння обрушене)	19,360	21,026	7,1	6,6	0,12	0,27	51,2	7,6	5,4	925	1155

Позначення:
роб. – робочий стан палива, значення виражене на вологий стан;
SST – температура початку зсідання; *DT* – температура деформації.

У обмолочених кошиках соняшнику на абсолютну суху масу міститься жиру 3,5-4%, протеїну 5-8%, клітковини 14-17%, зольних елементів (фосфору, калію, кальцію, магнію – 13-15%, безазотистих екстрактивних речовин – до 60%). Кошки містять багато пектинових речовин, вміст яких досягає 22-27%. Кошки соняшнику – гарний корм для тварин. Сирі кошки силосують з додаванням зеленої маси (кукурудза, бадилля буряку). Кошки вологістю 20-25% скирдують, перекладаючи сухою соломкою. У такому вигляді кошки можуть зберігатися довгий час²⁹. Сухі кошки переробляють на муку, яка за поживністю не поступається сіну середньої якості. Крім цього з кошків виробляють пектин, який використовується у кондитерській промисловості²⁰.

Стебло соняшнику пряме кругле або ребристе, вкрите шорсткими волосками, всередині заповнене губчастою тканиною³⁰. Зовні стебло покрите корою. Об'єм стебла складає 90% об'єму соняшнику³¹. Щільність кори становить 350 кг/м³, губчастої тканини – 29 кг/м³.

У період дозрівання насіння стебло підсихає, як і листки, прикріплені до нього. Вміст целюлози у стеблах складає 34-42%, геміцелюлози – 19-33%, лігніну – 12-30%³². Стебла соняшнику можуть використовуватися для енергетичних, кормових цілей та як добриво (**табл. 1.5**). Зольність стебел знаходиться у межах від 3 до 13,2%.

²⁹ Васильев Д.С. Подсолнечник. – М.: Агропромиздат, 1990. – 174 с.

³⁰ Куценко О.М., Кочерга А.А., Філоненко С.В. Технічні культури. Навчальний посібник. – Полтава. – 2003. – 180 с.

³¹ Mathias et al. Upcycling Sunflower Stems as Natural Fibers for Biocomposite Applications, BioResources 10(4), 8076-8088 (2015)

³² Đ. Kovačić, D. Kralik, S. Rupčić, D. Jovičić, R. Spajić, and M. Tišma Soybean Straw, Corn Stover and Sunflower Stalk as Possible Substrates for Biogas Production in Croatia: A Review, Chem. Biochem. Eng. Q., 31 (3) 187–198 (2017)

Таблиця 1.5. Основні фізико-хімічні характеристики стебел соняшнику³³

Показники	Середнє значення	Стандартне відхилення	Мін.	Макс.	Кількість зразків
Паливні характеристики					
Вища теплота згорання, МДж/кг	18,7	3,34	15,9	26,0	9
Нижча теплота згорання, МДж/кг	17,7	3,29	15,2	24,4	8
Зв'язаний вуглець, % (мас) ^{db}	8,7	6,59	1,2	14,4	4
Летючі, % (мас) ^{db}	81,0	6,03	72,7	85,9	4
Зола, % (мас) ^{db}	7,9	3,6	3,0	13,2	18
Вологість, % (мас) ^{am}	9,1	5,82	2,3	18,0	5
Вуглець, % (мас) ^{db}	46,0	7,07	35,1	60,3	10
Кисень, % (мас) ^{db}	37,6	5,39	26,8	47,5	10
Водень, % (мас) ^{db}	5,4	0,74	4,8	7,1	10
Азот, % (мас) ^{db}	1,2	0,69	0,3	2,6	11
Сірка, % (мас) ^{db}	0,1	0,07	0,0	0,2	8
Кормові характеристики					
Суша маса, % (мас) ^{am}	88,9	5,08	82,0	94,0	4
Сирий білок, % (мас) ^{db}	7,3	4,49	1,5	16,3	12
Сира клітковина, % (мас) ^{db}	48,8	n.a.	48,8	48,8	1
Волокна нерозчинні у нейтральному розчиннику (NDF), % (мас) ^{db}	71,7	16,82	43,2	89,5	6
Волокна нерозчинні у кислому розчиннику (ADF), % (мас) ^{db}	37,2	10,17	22,1	51,0	6
Лігнін, % (мас) ^{db}	16,1	5,85	7,3	26,5	7
Ефірний екстракт, % (мас) ^{db}	1,0	0,79	0,5	2,0	3
Зола, % (мас) ^{db}	7,9	3,64	3,0	13,2	18
Валова енергія, МДж/кг	18,8	3,57	15,9	26,0	8
Характеристики добрива					
Азот, (г/кг) ^{db}	11,1	5,53	3,1	20,0	10
Фосфор, (г/кг) ^{db}	0,9	0,73	0,1	2,3	7
Калій, (г/кг) ^{db}	27,5	22,50	8,0	67,8	7
Кальцій, (г/кг) ^{db}	8,1	4,80	1,6	13,7	7
Магній, (г/кг) ^{db}	1,1	0,27	0,9	1,5	6
Сірка, (г/кг) ^{db}	1,2	0,79	0,1	2,5	8
Позначення індексів: am – робочий стан; db – суха маса					

Порівняння паливних характеристик стебел соняшнику із соломою, стеблами кукурудзи та деревною тріскою наведено у **табл. 1.6**. Слід відзначити, що під час збирання насіння вологість стебел знаходиться у межах 60-70%, тому якщо передбачається їх спалювання необхідно дану біомасу підсушити. Плавкість золи стебел соняшнику аналогічна соломі і нижча, ніж у стебел кукурудзи та деревної тріски, що потрібно враховувати при виборі теплотехнічного обладнання. У стеблах соняшнику високий вміст хлору – 0,7-0,8%, що також ускладнює їх спалювання, оскільки сполуки хлору викликають корозію сталевих елементів енергетичного обладнання.

³³ Characterisation of Agricultural Waste Co- and By-Products. Report of AgroCycle project.
http://www.agrocycle.eu/files/2017/10/D1.2_AgroCycle.pdf

Таблиця 1.6. Хімічний склад та характеристики різних видів біомаси³⁴

Показники	Свіжа солома («жовта»)	Лежала солома («сіра»)	Стебла кукурудзи*	Стебла соняшнику*	Деревна тріска
Вологість, %	10-20	10-20	45-60 (після збирання) 15-18 (висушені на повітрі)	60-70 (після збирання) ~20 (висушені на повітрі)	40
Нижча теплота згорання, МДж/кг	14,4	15	16,7 (с.р.) 5-8 (W 45-60%) 15-17 (W 15-18%)	16 (W<16%)	10,4
Вміст летючих речовин, %	>70	>70	67	73	>70
Зольність, %	4	3	6-9	10-12	0,6-1,5
Елементарний склад, %:					
вуглець	42	43	45,5	44,1	50
водень	5	5,2	5,5	5,0	6
кисень	37	38	41,5	39,4	43
хлор	0,75	0,2	0,2	0,7-0,8	0,02
калій (лужний метал)	1,18	0,22	стрижні: 6,1 мг/кг с.р.	5,0	0,13-0,35
азот	0,35	0,41	0,69; 0,3	0,7	0,3
сірка	0,16	0,13	0,04	0,1	0,05
Температура плавлення золи, °С	800-1000	950-1100	1050-1200	800-1270	1000-1400

с.р. – суха речовина; W – вологість.

* Дані по вмісту летючих речовин, зольності, елементарному складу – % маси с.р.

За елементарним складом стебла соняшнику майже не відрізняються від соломи та стебел кукурудзи, тому у них порівнювана теплотворна здатність. Найбільший вплив на теплотворну здатність побічної продукції соняшнику має вологість. Аналогічно як і у інших видів побічної продукції рослинництва, характеристики стеблової маси та кошиків залежать від місця вирощування, періоду збирання та погоди, ґрунту та добрив. Також на якісні характеристики зібраної побічної продукції соняшнику суттєво впливає технологія заготівлі та зберігання.

³⁴ Гелетуа Г.Г., Драгнев С.В., Желєзна Т.А., Баштовий А.І. Аналіз виробництва пелет та брикетів з побічної продукції кукурудзи на зерно. Аналітична записка БАУ №23 – Біоенергетична асоціація України, 2020. – 42 с. <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/04/position-paper-uabio-23-ua.pdf>

2. Аналіз ланцюжка постачання побічної продукції соняшнику

Заготівля – початкова операція ланцюжка постачання побічної продукції рослинництва. Можна виділити два потоки побічної продукції соняшнику: біомаса, яка пройшла крізь комбайн, та стеблова біомаса, яка залишилася стояти у полі. При цьому стеблова біомаса за сприятливих погодних умов може підсушитися, що покращить її паливні характеристики.

У минулому у господарствах існувала практика розбивки поля соняшнику на ділянки, які передавалися для обробітку місцевим мешканцям. Вони зрізали кошики із насінням соняшнику вручну та віддавали господарству. Також мешканці зрізали вручну і збирали у снопи стеблову масу, яку потім використовували як біомасу для опалення. Інформації про сучасні приклади заготівлі побічної продукції соняшнику обмаль.

Схеми основних технологій механізованої заготівлі стеблової біомаси наведені на **рис. 2.1**. Для соняшнику можна застосувати зрізання та подрібнення стебел кормозбиральним комбайном з подальшим використанням сухої біомаси як тверде біопаливо, а вологої – як сировини для біогазових установок. Біомаса, яка пройшла крізь комбайн, може бути зібрана у причеп у подрібненому вигляді, але якщо сировина волога (вологість понад 25%), виникає необхідність у сушінні. Альтернативним варіантом можна розглядати використання технології заготівлі побічної продукції кукурудзи на зерно, яка включає подрібнення та формування з валків з післяжнивних решток соняшнику у полі, подальше підбирання біомаси із валків і її тюкування або збирання у подрібненому вигляді.

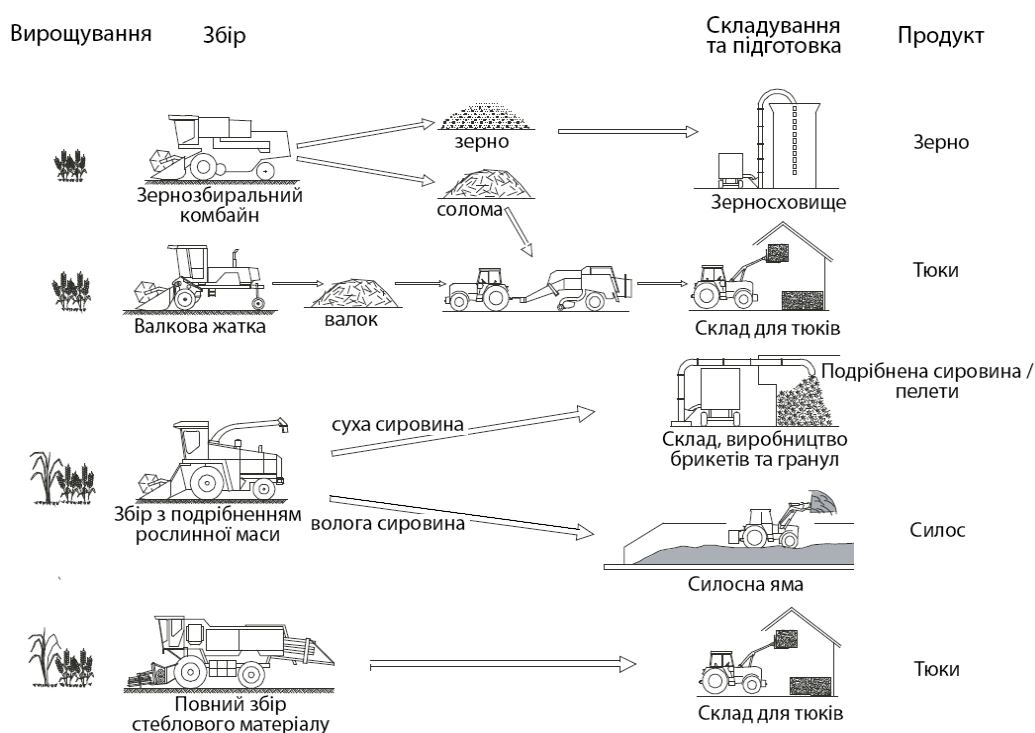


Рис. 2.1. Варіанти збору врожаю для отримання стеблової біомаси³⁵

³⁵ Буклет «Постачання твердих біопалив для котельень середньої потужності». / Проект «Біоенергетика для бізнесу» (B4B), 2016. – 23 с.

Розрахунки технологій заготівлі проведемо для урожайності від 15 до 50 ц/га. Залежність виходу різних складових побічної продукції – кошиків та стеблової маси – наведена на **рис. 2.2**. Частково ця біомаса може бути зібрана для енергетичних потреб.

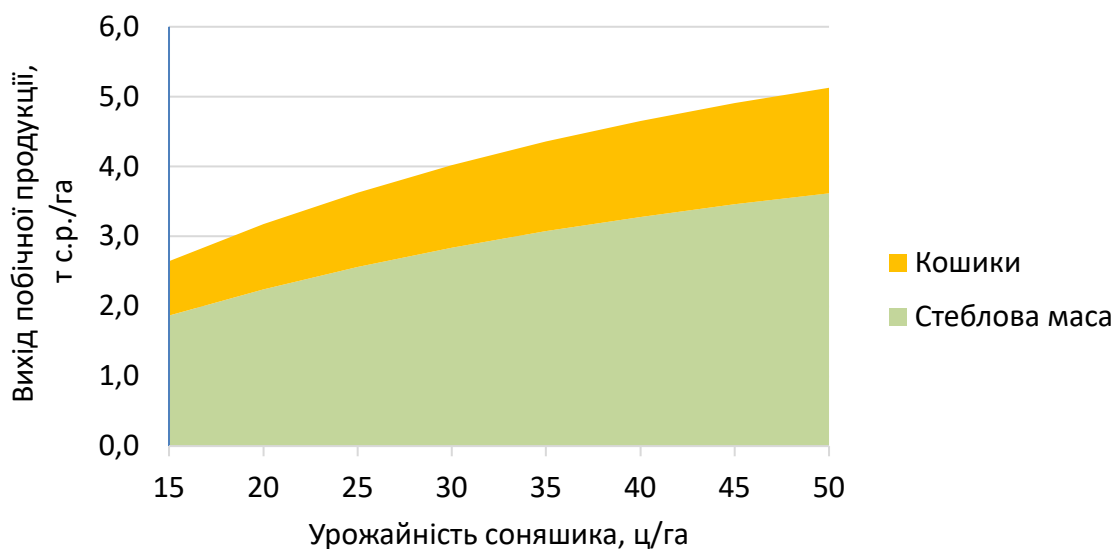


Рис. 2.2. Залежність виходу побічної продукції від урожайності соняшнику

Виконаємо ТЕО заготівлі стебел соняшнику самохідним кормозбиральним комбайном, який обладнаний жаткою для збирання грубостеблових культур (**рис. 2.3**). Подрібнена біомаса подається у причеп, який рухається поряд із комбайном. Для транспортування біомаси одночасно з заготівлею необхідно використовувати багато тракторів із причепами через низьку щільність подрібненої побічної продукції соняшнику та високу продуктивність комбайна. Для цього ланцюжку прийнята відстань транспортування до 10 км.



Рис. 2.3. Кормозбиральний комбайн Claas Jaguar 940

З огляду на відсутність описаних практичних прикладів заготівлі побічної продукції від вирощування соняшнику кормозбиральним комбайном, розрахунки проведені на базі досвіду заготівлі стебел кукурудзи з врахуванням особливості соняшнику. Вихідні умови: тривалість

заготівлі 30 днів, тривалість роботи 8 год/день, відрахування на ТО і ремонт 5%, амортизація 10 років, оплата праці механізатора 20,6 євро/день, урожайність соняшнику: мін. 1,5 т/га, сер. 2,5 т/га, макс. 5 т/га; обсяги стеблової маси для збирання з га поля: мін. 1,6 т с.р./га, сер. 2,1 т с.р./га, макс. 3,0 т с.р./га.

Орієнтовна вартість техніки наведено у **табл. 2.1**. Умовна вартість представляє частину фактичної вартості машин, що залежить від тривалості їх використання безпосередньо для заготівлі цільової біомаси протягом року.

Таблиця 2.1. Капітальні витрати на машини для заготівлі побічної продукції соняшнику кормозбиральним комбайном

Технологічні операції / машини	Вартість одиниці, тис. євро	Використання машин, % річного використання	Мін. 1,6 т с.р./га		Сер. 2,1 т с.р./га		Макс. 3,0 т с.р./га	
			Кіл-ть	Умовна вартість, тис. євро	Кіл-ть	Умовна вартість, тис. євро	Кіл-ть	Умовна вартість, тис. євро
1. Збір	240		1	120	1	120	1	120
Кормозбиральний комбайн Claas Jaguar 850	240	50	1	120	1	120	1	120
2. Перевезення до складу	177		4	200	5	250	6	300
Трактор Claas Axion 850	125	20	4	100	5	125	6	150
Прицеп Kobzarenko TZR-39	51,9	50	4	100	5	125	6	150
Загалом				320		370		420

Результати оцінки собівартості заготівлі побічної продукції за трьома обсягами збирання біомаси з одиниці площі наведено на **рис. 2.4**. Амортизація – основна складова витрат.

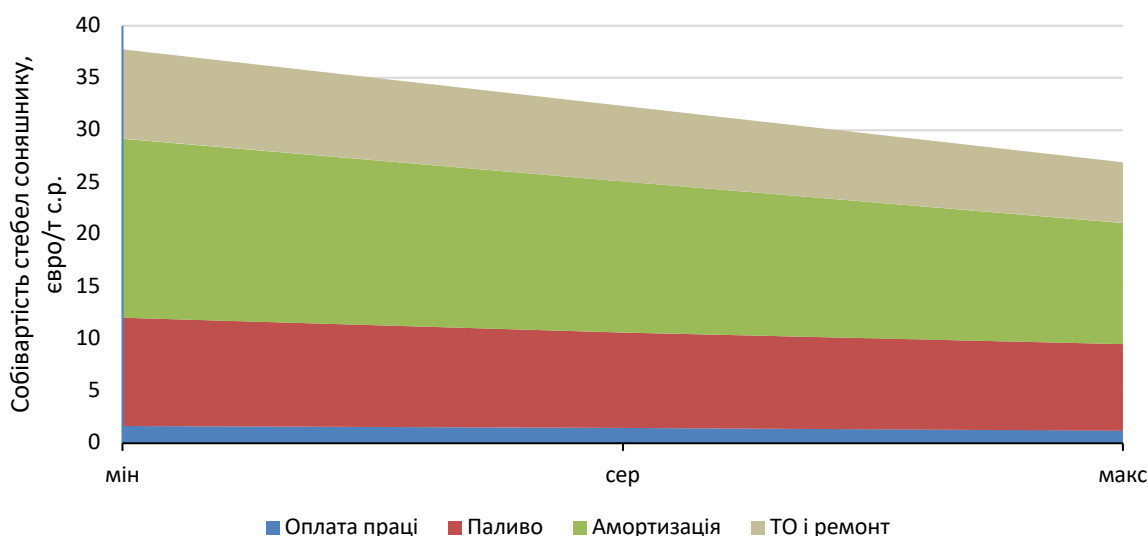


Рис. 2.4. Собівартість заготівлі стебел соняшнику кормозбиральним комбайном

Результати ТЕО реалізації ланцюжку на базі самохідного кормозбирального комбайну наведено у **табл. 2.2**. Термін окупності проектів із заготівлі побічної продукції рослинництва суттєво

залежить від обсягів збирання біомаси з гектару, що також впливає на завантаження обладнання. Так, при збиранні побічної продукції сояшнику 3 т с.р./га простий термін окупності заготівельної ланки складає 4,8 років. За сценарію заготівлі середніх обсягів біомаси 2,1 т с.р., яких можна досягнути при врожайності сояшнику 25 ц/га, простий термін окупності такої заготівельної ланки становить 6,4 років. При виході ПП сояшнику 1,6 т с.р./га простий строк окупності заготівлі складає 8,2 років.

Таблиця 2.2. ТЕО заготівлі ПП сояшнику кормозбиральним комбайном

Показники	Вихід ПП сояшнику		
	1,6 т с.р./га	2,1 т с.р./га	3,0 т с.р./га
Обсяги заготівлі біомаси, т с.р./рік	1867	2559	3616
Капітальні витрати, тис. євро	320	370	420
Операційні витрати, тис. євро/рік	38,5	45,7	55,3
Кредитні кошти (частка капітальних витрат), %	60		
Ставка по кредиту, %	7		
Повна собівартість біомаси*, євро/т с.р.	37,7	32,3	26,9
Продажна ціна біомаси**, євро/т с.р. без ПДВ	45		
Простий термін окупності, років	8,2	6,4	4,8
Дисконтований термін окупності (ставка дисконту 7%), років	>10	8,6	5,7
Внутрішня норма дохідності (IRR), %	5,0	12,2	22,9

* Повна собівартість тюків включає прямі витрати на заготівлю біомаси, оплату вартості побічної продукції у полі та відрахування на амортизацію техніки.

** Відповідає ціні біомаси 33,8 євро/т без ПДВ для ПП сояшнику вологістю W=25%.

Також проведемо оцінку ефективності технології заготівлі полови сояшнику у причеп за зернозбиральним комбайном СК-5 «Нива»¹⁸ з подрібнювачем ПСП-1,5, які використовувалися в Україні наприкінці минулого століття. Вихідні дані: тривалість заготівлі 30 днів, тривалість роботи 8 год/день, відрахування на ТО і ремонт 5%, амортизація 10 років, оплата праці механізатора 20,6 євро/день, обсяги полови з одиниці площі поля 0,5 т с.р./га, річні обсяги заготівлі біомаси 181 т с.р./сезон. Собівартість заготівлі полови сояшнику з одиниці площі складе 15,9 євро/т с.р., або 11,1 євро/т с.р. без амортизації техніки. Простий термін окупності впровадження такої заготівлі при купівлі бувших у вжитку причепів 2ПТС-4-887А і пристосування ПСП-1,5, та нового трактору МТЗ-82 складе 2,3 років, при реалізації зібраної біомаси за ціною 35 євро/т с.р. без ПДВ та 1,7 років при ціні 45 євро/т с.р. без ПДВ.

Наразі сучасні серійні зернозбиральні комбайни забезпечують розкидання рослинних решток по полю або укладання у валок. Лише деякі окремі моделі можуть бути обладнанні копнувачем, тоді як агрегування із причепом для збирання полови та кошиків сояшнику не використовується. Хоча на Херсонський машинобудівний заводі випускалися комбайни і жатки, які дозволяли збирати побічну продукцію сільськогосподарських культур у причепи одночасно із збиранням зерна та насіння. Тому у разі виникнення попиту на подібну техніку від агровиробників, машинобудівні заводи можуть у стислі строки налагодити виробництво відповідної техніки.

Технологія укладання побічної продукції вирощування сояшнику у валки з подальшим тюкуванням або збиранням у подрібненому вигляді потребує проведення польових випробувань.

Транспортування біомаси може здійснюватися різними видами транспорту, але з огляду на низьку щільність подрібненої стеблової маси та кошиків потрібно використовувати транспортні засоби з максимальними об'ємами причепів та кузовів. У загальному випадку можуть застосовуватися як наявні трактори з причепами та сільськогосподарські вантажівки, зокрема, зерновози, так і спеціалізований автотранспорт для перевезення тріски об'ємом від 82 до 120 м³.

При організації зберігання побічної продукції соняшнику можна використовувати підходи аналогічні до зберігання побічної продукції кукурудзи на зерно, що передбачають створення умов для запобігання надмірного зволоження біомаси під впливом опадів та підмочування з землі, уникаючи її гниття, та забезпечуючи необхідний протипожежний захист³⁴. Суху біомасу зберігають під накриттям або у закритих складах, а вологу силосують або консервують у анаеробних умовах.

З огляду недостатньо висвітлену практику заготівлі побічної продукції від вирощування соняшнику та перспективність її реалізації в умовах України необхідно провести польові випробування технологій хоча б на базі існуючої сільськогосподарської техніки, зокрема, кормозбирального комбайна та мульчувача-валкоутворювача з прес-підбирачем.

3. Енергетичне використання побічної продукції соняшнику

3.1. Тверде біопаливо

На відміну від значних обсягів використання лушпиння соняшнику для отримання теплової та електричної енергії і виробництва з нього паливних брикетів та пелет, прикладів переробки побічної продукції вирощування соняшнику у тверді біопалива в Україні та інших країнах поки що досить мало. В основному побічна продукція соняшнику використовується у малих обсягах для забезпечення у тепловій енергії власних потреб агровиробників та у сільських домогосподарствах. У багатьох країнах світу вирощування соняшнику не поширено, тоді як в Україні ця культура має значний потенціал для використання у біоенергетиці.

Вже відпрацьовані технології переробки побічної продукції соняшнику у тверді біопалива. Брикетні паливні з суміші рослинних частин соняшнику включені у 2018 р. у реєстр альтернативних видів палива Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України³⁶.

Паливні характеристики побічної продукції обумовлюють використання спеціалізованого теплотехнічного обладнання. Тому важливо, щоб виробник обладнання підтвердив можливість спалювання такої біомаси та біопалив з неї. В Україні проекти виробництва енергії з стебел соняшнику здійснює ТОВ «Котлотурбопром» Корпорації «МАСТ-ІПРА»³⁷. Також на ринку представлені теплогенератори та пальники для зерносушарок, які спалюють стебла та іншу побічну продукцію соняшнику³⁸.

Результати дослідження спалювання стебел соняшнику для отримання теплової енергії на різних колосникових решітках³⁹ наведені у **табл. 3.1-3.2**. Використовувалися три форми стебел:

1. зібрані з поля без подрібнення та ущільнення;
2. подрібнені без ущільнення;
3. подрібнені з ущільненням у поліетиленовому пакеті.

³⁶ <http://saee.gov.ua/uk/business/reestry>

³⁷ <https://vse.energy/docs/OEW-anokhin.pdf>

³⁸ <http://www.brig-zerno.com.ua/stati/23-sushit-zerno-gazom-ili-solomoj>

³⁹ Halil Unal and Kamil Alibas Determining of the Suitable Burning Method for Wheat Straw and Sunflower Stalks. Journal of Applied Sciences, 6 (2006): 435-444.

У котлі застосовувалися колосникові решітки з трьома видами отворів: круглі, довгасті та змішані (круглі із довгастими). Подача повітря забезпечувалася за рахунок передньої природної тяги, нижньої природної тяги та нижнього дуттьового вентилятора.

Таблиця 3.1. Усереднені результати експерименту зі спалювання стебел соняшнику на трьох різних колосникових решітках

<i>Колосникова решітка з круглими отворами</i>							
Параметри	1F	1F	2F	2F	2F	3F	
	FB	BB	FB	BB	*BB	*BB	
Насипна щільність палива, кг/м ³	66,0	68,0	90,0	87,0	95,0	125,0	
Вологість палива, %	14,6	14,5	10,4	10,3	14,7	11,8	
Загальне споживання палива, кг	21,8	21,5	14,5	28,0	36,5	21,0	
Зольність, %	13,3	12,1	11,7	14,2	17,5	13,3	
Подача палива, кг/год	13,3	10,5	6,2	5,2	8,8	7,0	
<i>Колосникова решітка з довгастими отворами</i>							
Параметри	1F	1F	2F	2F	2F	3F	3F
	FB	BB	FB	BB	*BB	BB	*BB
Насипна щільність палива, кг/м ³	69,7	72,0	110,0	90,5	105,0	121,0	115,0
Вологість палива, %	15,4	16,2	9,7	16,4	12,5	11,4	10,2
Загальне споживання палива, кг	28,2	35,3	18,0	45,0	24,5	24,0	38,0
Зольність, %	14,5	14,5	-	18,6	-	13,8	-
Подача палива, кг/год	13,9	11,1	10,0	11,4	12,7	10,5	13,2
<i>Колосникова решітка із змішаними отворами (круглі та довгасті)</i>							
Параметри	1F	2F	2F	3F	3F		
	FB	BB	*BB	BB	*BB		
Насипна щільність палива, кг/м ³	65,5	92,0	89,5	105,0	117,0		
Вологість палива, %	13,5	13,4	11,0	11,8	9,8		
Загальне споживання палива, кг	26,5	19,0	37,3	24,0	27,6		
Зольність, %	16,0	15,4	13,1	13,3	-		
Подача палива, кг/год	15,5	10,1	14,0	12,0	12,7		

Позначення: 1F – стебла, зібрані з поля без подрібнення та ущільнення, 2F – стебла подрібнені без ущільнення, 3F – стебла подрібнені та ущільнені у поліетиленовому пакеті; FB – передня подача повітря природною тягою, BB – нижня подача повітря природною тягою, *BB – дуттьовий вентилятор.

Таблиця 3.2. Результати вимірювання димових газів при спалюванні стебел соняшнику на трьох різних колосникових решітках

<i>Колосникова решітка з круглими отворами</i>						
Параметри	1F	1F	2F	2F	2F	3F
	FB	BB	FB	BB	*BB	*BB
T _{CG} (°C)	148,0	77,2	72,8	89,8	96,4	94,4
V _{CG} (м/с)	3,4	1,7	2,6	1,5	2,0	1,9
Q _{N CG} (нм ³ /год)	555,6	327,4	512,3	290,8	366,2	362,1
O ₂ (%)	16,7	13,6	18,0	11,8	12,1	11,7
CO ₂ (%)	3,8	6,6	2,7	8,1	7,8	8,1
λ (13% O ₂)	1,84	1,08	2,64	0,87	0,90	0,86
CO _N (мг/нм ³)	5060,8	9119,0	12738,7	10572,1	7575,8	5525,2

SO _{2N} (мг/нм ³)	0	21,5	119,8	0	0	0	
NO _{xN} (мг/нм ³)	442,8	213,6	313,6	167,1	110,3	137,9	
<i>Колосникова решітка з довгастими отворами</i>							
Параметри	1F	1F	2F	2F	2F	3F	3F
	FB	BB	FB	BB	*BB	BB	*BB
T _{CG} (°C)	133,9	152,2	88,5	135,9	176,8	149,7	142,8
V _{CG} (м/с)	3,9	3,5	2,4	2,8	3,1	3,2	3,7
Q _{N CG} (нм ³ /год)	650,9	558,2	460,5	471,1	474,2	520,9	612,2
O ₂ (%)	16,5	13,7	18,3	13,0	14,1	13,8	13,9
CO ₂ (%)	3,9	6,4	2,4	7,1	6,0	6,4	6,2
λ (13% O ₂)	1,76	1,10	2,99	0,99	1,16	1,11	1,13
CO _N (мг/нм ³)	4570,2	2953,9	10808,8	1765,5	1626,3	2851,7	3414,7
SO _{2N} (мг/нм ³)	0	15,6	0	23,5	0	0	0
NO _{xN} (мг/нм ³)	346,2	271,5	197,6	193,8	403,9	276,0	333,8
<i>Колосникова решітка із змішаними отворами (круглі та довгасті)</i>							
Параметри	1F	2F	2F	3F	3F		
	FB	BB	*BB	BB	*BB		
T _{CG} (°C)	149,1	116,0	121,8	130,2	167,5		
V _{CG} (м/с)	3,2	2,8	3,1	2,9	3,2		
Q _{N CG} (нм ³ /год)	521,6	486,4	531,5	486,3	499,8		
O ₂ (%)	13,0	13,1	14,3	13,9	14,4		
CO ₂ (%)	7,0	7,0	5,9	6,3	5,9		
λ (13% O ₂)	1,0	1,01	1,19	1,12	1,20		
CO _N (мг/нм ³)	2834,8	2181,5	2920,0	1706,3	4223,8		
SO _{2N} (мг/нм ³)	0	0	18,6	3,4	0		
NO _{xN} (мг/нм ³)	190,0	117,2	172,3	246,8	305,2		

Позначення: відповідають позначенням у **табл. 3.1**

Подача повітря знизу дозволяє зменшити викиди забруднюючих речовин від спалювання стебел соняшнику. Високі показники емісії СО пов'язані із особливостями експерименту. За рахунок організації спалювання та регулювання подачі повітря у промислових котлах викиди СО будуть знаходитися у межах гранично допустимих. В Україні гранично допустимі викиди при спалюванні твердих палив від стаціонарних джерел, відповідно до нормативів⁴⁰, складають 250 мг/м³ для СО, 500 мг/м³ для NO_x та 500 мг/м³ для SO₂. Для забезпечення вимог нормативів щодо гранично допустимих викидів при спалюванні біопалив з побічної продукції вирощування соняшнику, котли можуть бути обладнані фільтрами. Таким чином, вже наявні необхідні передумови для переробки побічної продукції соняшнику у тверді біопалива та його подальшого спалювання з метою виробництва енергії.

3.2. Біогаз

Під час збирання побічна продукція соняшнику може бути дуже вологою, що створює труднощі для її зберігання та переробки у тверді біопалива. В той же час така волога біомаса може бути використана для виробництва біогазу. Але, з огляду на високий вміст лігноцелюлозних хімічних

⁴⁰ Нормативи гранично допустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел. Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, наказ 27.06.2006 № 309. Міністерство юстиції України, 1 серпня 2006 р. № 912/12786. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ru/z0912-06>

сполук у побічній продукції соняшнику, її перед ферментацією необхідно піддати обробці для механічного, фізичного або хімічного руйнування.

На **рис. 3.1** зображено графік виходу метану з кошиків та стебел соняшнику. Біохімічний потенціал метану необроблених кошиків становив $210 \pm 1,97$ мл $\text{CH}_4/\text{г}$ ЛТР, а необроблених стебел – $127,98 \pm 5,19$ мл $\text{CH}_4/\text{г}$ ЛТР.

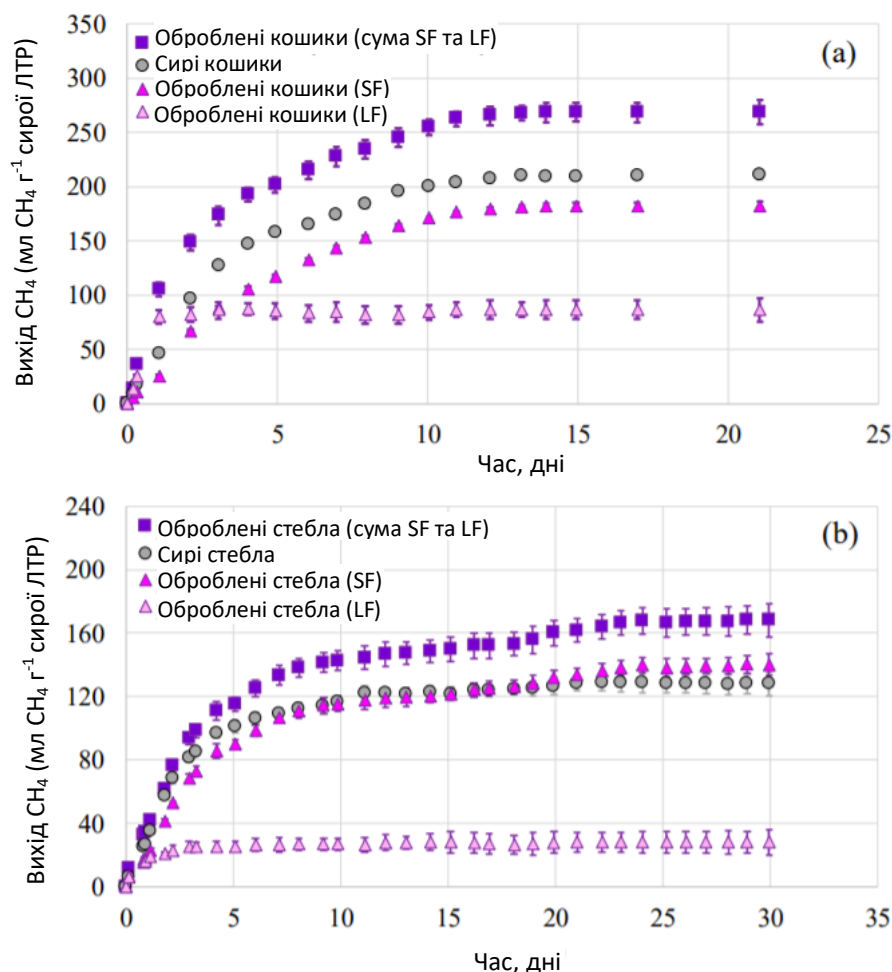


Рис. 3.1. Біохімічний потенціал метану отриманого з оброблених та необроблених кошиків (а) та стебел (б) соняшнику

Позначення: Значення відповідають трикратній повторності незалежних змінних \pm стандартні відхилення (значення похибок): SF: тверда фракція, LF: рідка фракція

Кращою сировиною для виробництва біогазу розглядають кошики порівняно із стеблами соняшнику. Після попередньої обробки лугом досягнуто вихід метану з залишків кошиків $268,35 \pm 0,11$ мл $\text{CH}_4/\text{г}$ летючих твердих речовин (ЛТР), тоді як вихід метану з оброблених стебел соняшнику склав $168,17 \pm 6,87$ мл $\text{CH}_4/\text{г}$ ЛТР⁴¹. Згідно даних експерименту⁴¹, вміст ЛТР у кошиках складав $79,9 \pm 0,5\%$ від сухої маси, а у стеблах соняшнику – $87,7 \pm 0,1\%$ від сухої маси. Таким, чином з 1 т с.р. кошиків можна отримати до 214 м^3 метану, а з 1 т с.р. стебел соняшнику – до 154 м^3 метану.

⁴¹ Marinela Zhurka, Apostolos Spyridonidis, Ioanna A. Vasiliadou and Katerina Stamatelatu Biogas Production from Sunflower Head and Stalk Residues: Effect of Alkaline Pretreatment / Molecules 2020 Jan; 25(1): 164.

Деякі господарства вирощують соняшник на зелений корм та силос. Для порівняння: вихід метану із соняшникового силосу складає 298 м³/т⁴². У **табл. 3.3** наведено вихід метану із різних рослинних субстратів.

Таблиця 3.3. Вихід метану із окремих рослин та частин рослин⁴³

Рослина	Вихід метану, м ³ /ЛТР
Кукурудза (вся рослина)	205–450
Трава	298–467
Конюшина	290–390
Соняшник	154–400
Ріпак	240–340
Картопля	275–400
Цукровий буряк	236–381
Кормовий буряк	420–500
Солома	242–324
Листя	417–453

Аналіз різних варіантів попередньої обробки стебел соняшнику для анаеробної ферментації виконано у роботах^{44,45}. Найбільшого виходу метану (259 ± 6 мл СН₄/г ЛТР) було досягнуто після попередньої обробки стебел лугом 4% NaOH при температурі 55°C протягом 24 годин. Таким чином, лужна попередня обробка побічної продукції соняшнику, як і інших лігноцелюлозних субстратів перед анаеробною ферментацією, дозволяє підвищити вихід метану, але для забезпечення високої ефективності технологічного процесу потрібно використовувати більш концентровані субстрати (понад 35 г СР/л) та системи для утилізації тепла.

3.3. Біоетанол

Використання біомаси соняшнику як вхідного матеріалу для виробництва біоетанолу вимагає попередньої обробки для руйнування лігноцелюлозної структури, що полегшує доступ ферментів до целюлозних ланцюгів або спрямовує застосування їх лігноцелюлозних фракцій⁴⁶. Використання обробки паром з одночасним оцукрюванням та ферментацією дозволяє отримати 1 л біоетанолу з 3,8 кг попередньо оброблених паром стебел соняшнику. У перерахунку на базову сировину, з 1 т стебел соняшнику можна отримати 101,4 л біоетанолу⁴⁷. Попередній гідроліз при температурах 180-230°C з одночасним оцукрюванням та ферментацією забезпечили отримання 12 г

⁴² Guide to biogas. From production to us, FNR, 2012.

https://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/g/u/guide_biogas_engl_2012.pdf

⁴³ The biogas handbook. Science, production and applications. Edited by Arthur Wellinger, Jerry Murphy and David Baxter. Woodhead Publishing Series in Energy (Book 52), 2013. – 512 p.

⁴⁴ F. Monlau, A. Barakat, J.P. Steyer, H. Carrere Comparison of seven types of thermo-chemical pretreatments on the structural features and anaerobic digestion of sunflower stalks, Bioresource Technology 120 (2012) 241–247.

⁴⁵ F. Monlau, P. Kaparaju, E. Trably, J.P. Steyer, H. Carrere Alkaline pretreatment to enhance one-stage CH₄ and two-stage H₂/CH₄ production from sunflower stalks: Mass, energy and economical balances, Chemical Engineering Journal 260 (2015) 377–385.

⁴⁶ Osiris Ashton Vital Brazil et al. Integral use of lignocellulosic residues from different sunflower accessions: Analysis of the production potential for biofuels. Journal of Cleaner Production 221 (2019) 430-438.

⁴⁷ Ruiz, E., Cara, C., Ballesteros, M., Manzanares, P., Ballesteros, I., & Castro, E. (2006). Ethanol Production From Pretreated Olive Tree Wood and Sunflower Stalks by an SSF Process. Applied Biochemistry and Biotechnology, 130(1-3), 631–643.

біоетанолу/100 г (150 л/т) стебел соняшнику, що еквівалентно 72,2% теоретичного виходу⁴⁸. Типова схема отримання біоетанолу з лігноцелюлозної сировини зображена на **рис. 3.2**. У **табл. 3.4** наведено дані щодо теоретичного виходу біоетанолу з різних видів біосировини.

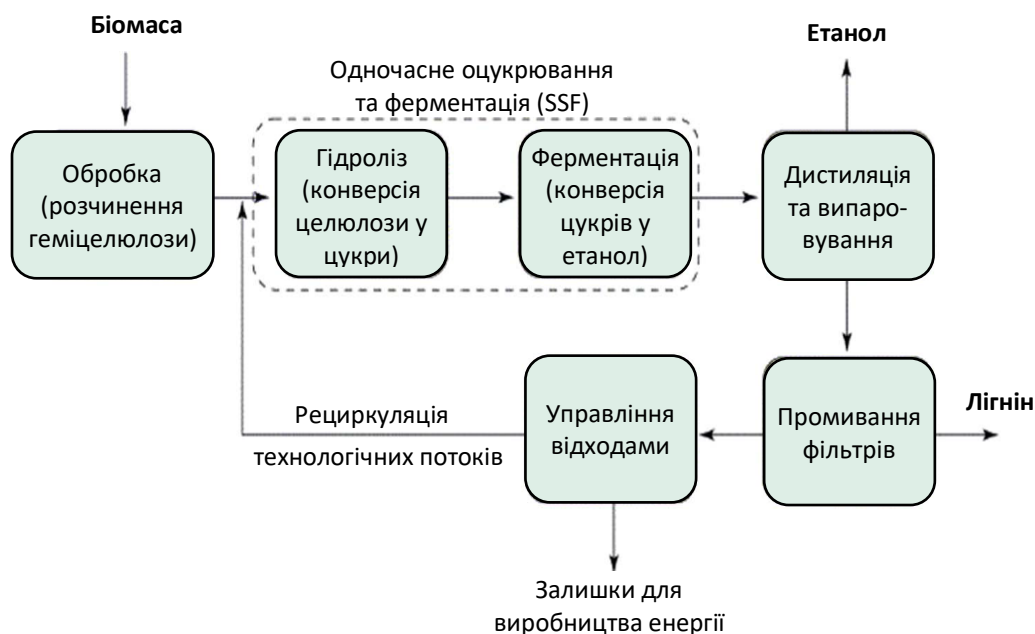


Рис. 3.2. Схема виробництва біоетанолу з лігноцелюлозної біомаси⁴⁹

Таблиця 3.4. Вихід біоетанолу із різних видів сировини⁴⁹

Сировина	Теоретичний вихід біоетанолу, л/т с.р. сировини
Зерно кукурудзи	470
Стебла кукурудзи	428
Солома рису	416
Відходи лісозаготівлі	309
Тирса з твердих порід деревини	382

У дослідженні вирощування чотирьох сортів соняшнику у напівзасушливому регіоні Північно-Східної Бразилії з подальшою переробкою у рідкі біопалива⁴⁶ (насіння у біодизель, а стебла та кошики у біоетанол) з одного гектару отримали 2537 кг сухої маси побічної продукції та 1635 кг сухої маси насіння, які містять, відповідно, 663 кг/га олії та 1115 кг/га цукрів (871 кг/га целюлози та 244 кг/га геміцелюлози). З цих обсягів побічної продукції соняшнику можна отримати 293 л біоетанолу/га.

⁴⁸ Evelin Raquel Ruiz et al. Strategies for bioethanol production from sunflower stalks Afinidad –Barcelona – 68 (556): 417-423. – November, 2011.

⁴⁹ M. N. A. M. Yusoff, N. W. M. Zulkifli, B. M. Masum and H. H. Masjuki Feasibility of bioethanol and biobutanol as transportation fuel in spark-ignition engine: a review. RSC Adv., 2015, 5, 100184–100211.

4. Сталий розвиток ланцюжків доданої вартості побічної продукції соняшнику

В Україні у 2019 році посіви соняшнику займали майже 6 млн га, що становило близько 21% від загальних посівних площ однорічних і дворічних сільськогосподарських культур. За методичними рекомендаціями щодо оптимального співвідношення сільськогосподарських культур у сівозмінах різних ґрунтово-кліматичних зон України⁵⁰, затвердженими Наказом Мінагрополітики № 440/71 від 18.07.2008, періодичність чергування соняшнику у сівозміні Лісостепу 7-8 років, Степу 7-9 років. За рекомендаціями Державної установи Інститут зернових культур НААН України⁵¹, у структурі посівних площ під посіви соняшнику краще відводити не більше 20%, повертаючи на попереднє місце через 5–6 років. Але реально площа посівів соняшнику значно перевищує рекомендовані норми, а іноді сягає 35–40%. Аналіз сільськогосподарської платформи EOS Crop Monitoring⁵² демонструє, що значний відсоток сільськогосподарських земель в Україні обробляється всупереч принципам сівозміни. В деяких районах майже 70% соняшникових полів засіваються два або більше разів поспіль.

Перевищення рекомендованої норми підвищує імовірність погіршення водного балансу, фітосанітарного стану посівів і ґрунту та посилює деградаційні процеси, зокрема веде до втрат гумусу. Соняшник виносить з ґрунту на формування 1 т насіння, в середньому, 40–42 кг азоту, 8–10 кг фосфору і 60–62 кг калію⁵³.

Основним джерелом органічних речовин у ґрунті останніми роками є вегетативні рештки рослин та їхні корені. Часто з рослинними рештками поживних речовин у ґрунт надходить більше, ніж із добривами. Особливо важливими є рештки кореневої системи з кореневими виділеннями – вони біологічно цінніші, ніж стеблові, тому дуже цінними є культури з добре розвинутою кореневою системою, такі як соняшник з масою коренів 2,5–5,8 т/га⁵⁴. Для розкладання післяжнивних решток соняшнику потрібно вносити мінімум 5 кг д.р. азоту/т⁵⁵. Застосування мінеральних та органічних добрив дозволить замінити поживні речовини у складі побічної продукції, що відчужується з полів. Характеристики стебел соняшнику для використання як добрива наведені у **табл. 1.4**.

Приклад вирощування соняшнику на площі 30 га у Італії з переробкою соняшникового насіння у біодизель, а побічної продукції – для отримання енергії, біоетанолу, біогазу та біоматеріалів наведено на **рис. 4.1**. Таке комплексне рішення дозволить отримати ринкової продукції на 3815 євро/га.

⁵⁰ https://zakononline.com.ua/documents/show/54725_54725

⁵¹ Агротехнологічна та організаційна стратегія весняного поля (Особливості вирощування сільськогосподарських культур в Степу України в 2019 році) / Державна установа Інститут зернових культур НААН України, 2019. – 82 с. http://www.institut-zerna.com/library/sci_recomendation2019.pdf

⁵² <https://superagronom.com/news/9866-bilshist-sonyashniku-v-ukrayini-viroshchuyetsya-z-porushennyam-sivozmini>

⁵³ Інноваційна агростратегія 2020 (Особливості вирощування сільськогосподарських культур в Степу України в 2020 році) / Державна установа Інститут зернових культур НААН України, 2020. – 96 с.

⁵⁴ <https://propozitsiya.com/ua/yaki-kulturi-visnazhuyut-grunt-bilshе>

⁵⁵ <https://agro.dn.gov.ua/najchastishe-girshe-sonyashnik-i-rodyuchist-gruntu/>

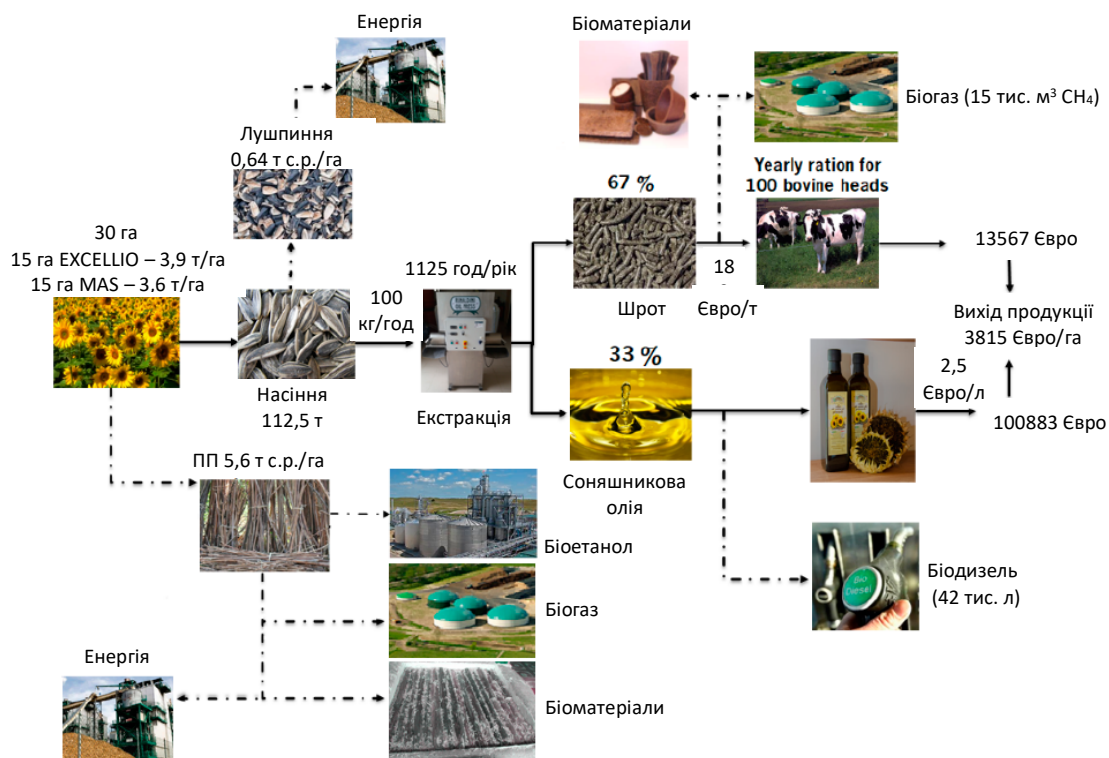


Рис. 4.1. Масовий баланс та продукція невеликої місцевої системи виробництва соняшникової олії холодного віджиму⁵⁶

Примітка. Можливі альтернативні напрямки отримання доданої вартості з залишків та побічної продукції позначені пунктирною лінією.

Схему екологічного аналізу використання стебел соняшнику для виробництва біоматеріалів зображено на **рис. 4.2**. Найбільш суттєвий негативний вплив на здоров'я людей (понад 40%) та екосистеми (близько 60%) при вирощування соняшнику пов'язаний із використанням добрив та пестицидів, також ці речовини складають майже 50% вартості ресурсів. Різні фактори впливу соняшнику протягом життєвого циклу на екологію порівнювалися із впливом кукурудзи. Вирощування соняшнику має менший вплив на навколишнє середовище з точки зору потреби у вологі, добривах та пестицидах, ніж у стандартній практиці виробництва сільськогосподарських культур, таких як кукурудза. Більше того, використання наявної побічної продукції соняшнику дозволяє отримати екологічну вигоду порівняно з іншими природними волокнами, для яких потрібні додаткові сільськогосподарські угіддя, що збільшує екологічний вплив.

⁵⁶ Foppa Pedretti, E.; Del Gatto, A.; Pieri, S.; Mangoni, L.; Ilari, A.; Mancini, M.; Feliciangeli, G.; Leoni, E.; Toscano, G.; Duca, D. Experimental Study to Support Local Sunflower Oil Chains: Production of Cold Pressed Oil in Central Italy. *Agriculture* **2019**, *9*, 231; <https://doi.org/10.3390/agriculture9110231>

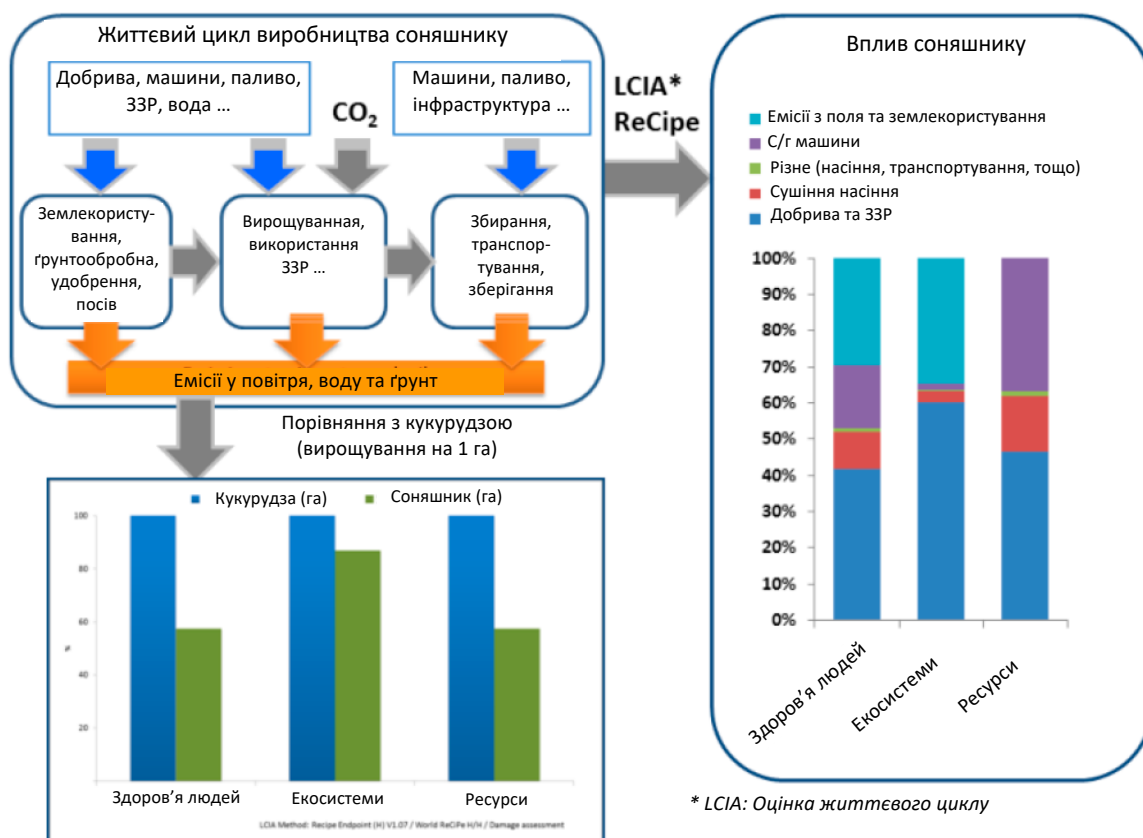


Рис. 4.2. Екологічний аналіз виробництва соняшнику³¹

Таким чином, при впровадженні ланцюгів доданої вартості побічної продукції соняшнику важливо забезпечувати баланс гумусу у ґрунті та дотримуватися агрохімічного закону повернення поживних речовин, згідно з яким елементи живлення, відчужені з урожаями сільськогосподарських культур, мають бути повернені до ґрунту, а також уникати таких наслідків, як ерозія та погіршення характеристик ґрунту. Частково поживні елементи можуть бути повернуті із золою, відходами виробництва біоетанолу та збродженим субстратом.

Висновки

1. За обсягами валового збирання соняшнику Україна лідирує у світі. У 2019 році було зібрано **16,5 млн т** соняшнику, що склало майже 30% від світового виробництва, при цьому була досягнута середня врожайність 2,58 т/га. Окрім зернової частини утворюється дуже велика кількість побічної продукції (стебла, кошики, листя, тощо), яку можна переробити у тверді, рідкі та газоподібні біопалива.
2. Економічний енергетичний потенціал побічної продукції соняшнику в Україні у 2019 р. становив 11,6 млн т, або **1,7 млн т н.е.** Серед регіонів лідирували **Кіровоградська область (167,8 тис. т н.е.)**, Харківська область (161,3 тис. т н.е.) та Дніпропетровська область (157,8 тис. т н.е.).
3. **Побічну продукцію соняшнику можна розглядати як лігноцелюлозну біомасу.** Кошики і стебла соняшнику у загальному мають схожі паливні характеристики, і характеризуються теплотворною здатністю порівнювальною із стеблами кукурудзи. Температура плавлення золи у стебла соняшнику складає 800-1270⁰С, що аналогічно соломі, і нижче ніж у стебел кукурудзи та деревної тріски, що потрібно враховувати при виборі теплотехнічного обладнання. У стеблах соняшнику високий вміст хлору – 0,7-0,8%, що також ускладнює їх спалювання, оскільки сполуки хлору викликають корозію сталевих елементів енергетичного обладнання. При отриманні біогазу та біоетанолу стебла і кошики соняшнику необхідно піддавати попередній обробки для руйнування лігноцелюлозної структури. Після цього 1 т с.р. кошиків можна отримати до 214 м³ метану, а з 1 т с.р. стебел соняшнику – до 154 м³ метану або 101,4 л біоетанолу.
4. Виконано техніко-економічну оцінку двох ланцюжків заготівлі побічної продукції соняшнику: стебел із використанням сучасного кормозбирального комбайну та полови соняшнику у причеп за зернозбиральним комбайном СК-5 «Нива» з подрібнювачем ПСП-1,5, за технологією яка застосувалися в Україні наприкінці минулого століття. **Собівартість заготівлі полови соняшнику з одиниці площі складає 11,1 євро/т с.р. без амортизації техніки. Заготівля стебел розглядалася для трьох варіантів виходу ПП з площі поля: 1,6, 2,1 та 3,0 т с.р./га, для яких повна собівартість заготівлі становить відповідно: 37,7, 32,3 та 26,9 євро/т с.р.** Простий термін окупності для варіанта із збиранням 3,0 т с.р./га складає 4,8 років, за умови продажу біомаси за ціною 45 євро/т с.р. без ПДВ. З огляду недостатньо висвітлену практику заготівлі побічної продукції від вирощування соняшнику та перспективність її реалізації в умовах України необхідно провести польові випробування технологій на базі існуючої сільськогосподарської техніки, зокрема, кормозбирального комбайна та мульчувача-валкоутворювача з прес-підбирачем.

Умовні позначення та скорочення

АПК – агропромисловий комплекс

БАУ – Біоенергетична асоціація України

д.р. – діюча речовина

ДССУ – Державна служба статистики України

ЗЗР – засоби захисту рослин

ЛТР – летючі тверді речовини

МР – маркетинговий рік

н.е. – нафтовий еквівалент

ПП – побічна продукція

ТЕО – техніко-економічна оцінка

ТО – технічне обслуговування

ТУ – технічні умови

с/г – сільськогосподарські

с.р. – суха речовина

Попередні публікації БАУ

Доступні за посиланням: <https://uabio.org/materials/uabio-analytics/>.

1. Аналітична записка БАУ №1 (2012) «Місце біоенергетики в проекті оновленої Енергетичної стратегії України до 2030 року».
2. Аналітична записка БАУ № 2 (2013) «Аналіз Закону України «Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» № 5485-VI від 20.11.2012».
3. Аналітична записка БАУ № 3 (2013) «Бар'єри для розвитку біоенергетики в Україні».
4. Аналітична записка БАУ № 4 (2013) «Перспективи розвитку виробництва та використання біогазу в Україні».
5. Аналітична записка БАУ № 5 (2013) «Перспективи виробництва електричної енергії з біомаси в Україні».
6. Аналітична записка БАУ № 6 (2013) «Перспективи виробництва теплової енергії з біомаси в Україні».
7. Аналітична записка БАУ № 7 (2014). «Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні».
8. Аналітична записка БАУ № 8 (2014). «Енергетичний та екологічний аналіз технологій виробництва енергії з біомаси».
9. Аналітична записка БАУ № 9 (2014). «Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні».
10. Аналітична записка БАУ № 10 (2014). «Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні».
11. Аналітична записка БАУ № 11 (2014) «Перспективи виробництва та використання біометану в Україні».
12. Аналітична записка БАУ № 12 (2015) «Перспективи розвитку біоенергетики як інструменту заміщення природного газу в Україні».
13. Аналітична записка БАУ № 13 (2015) «Аналіз енергетичних стратегій країн ЄС та світу і ролі в них відновлюваних джерел енергії».
14. Аналітична записка БАУ № 14 (2016) «Аналіз тарифоутворення у секторі централізованого тепlopостачання країн Європейського Союзу».
15. Аналітична записка БАУ № 15 (2016) «Аналіз додаткових джерел деревного палива в Україні».
16. Аналітична записка БАУ № 16 (2016) «Можливості заготівлі побічної продукції кукурудзи на зерно для енергетичного використання в Україні».
17. Аналітична записка БАУ № 17 (2016) «Аналіз критеріїв сталого розвитку біоенергетики»
18. Аналітична записка БАУ № 18 (2017) «Створення конкурентного ринку біопалив в Україні».
19. Аналітична записка БАУ № 19 (2018) «Можливості заготівлі деревного палива в лісах України».
20. Аналітична записка БАУ № 20 (2018) «Аналіз можливостей виробництва та використання брикетів з агробіомаси в Україні».
21. Аналітична записка БАУ № 21 (2019) «Подолання бар'єрів для виробництва енергії з агробіомаси в Україні»
22. Аналітична записка БАУ № 22 (2019) «Перспективи енергетичної утилізації твердих побутових відходів в Україні»
23. Аналітична записка БАУ № 23 (2020) «Аналіз виробництва пелет та брикетів з побічної продукції кукурудзи на зерно»
24. Аналітична записка БАУ № 24 (2020) «Енергетичне використання агровідходів. Що варто знати про організаційні і технічні рішення»

Біоенергетична асоціація України UABIO – це неприбуткова громадська спілка, яка об'єднує бізнес та експертів для розвитку біоенергетики України

7

років

30

провідних
компаній

15

фізичних
осіб

20+

експертів з
біоенергетики
в Україні

Ми беремо участь у розробці законодавства, державних та галузевих програмних документів, які сприяють розвитку біоенергетики; надаємо експертну, консультаційну, інформаційну допомогу партнерам; моніторимо національне та міжнародне законодавство у сфері біоенергетики, відновлюваної енергетики, енергоефективності та щодо питань зміни клімату; співпрацюємо з міжнародними профільними асоціаціями, організаціями, бізнесом, експертами, представниками влади; організуємо публічні заходи: конференції, тренінги, семінари; підвищуємо рівень обізнаності громадян України щодо переваг біоенергетики через сайт, соціальні мережі, дайджест.

www.uabio.org

Члени UABIO:



МИ ГОТОВІ ДО СПІВПРАЦІ!
Цікаво стати спонсором публікації?

 **Сконтакуйте з нами**

UABIO

Біоенергетична асоціація України

вул. Марії Капніст, 2-А, оф. 116
м. Київ, Україна, 03057
+38 (044) 453-28-56
info@uabio.org
www.uabio.org