

Посібник:

Енергія з агропромислових залишків



**Сприяння впровадженню систем опалення на
агробіомасі у сільських регіонах Європи**

2022



Цей проект отримав фінансування від дослідницької та інноваційної програми Європейського Союзу Horizon 2020 згідно Грантової угоди № 818369.



ПЕРЕДМОВА

Публікація *“Енергія з агропромислових залишків”*, підготовлена Іспанською біоенергетичною асоціацією (AVEBIOM) та Центром досліджень і технологій Еллади (CERTH), є частиною серії авторитетних посібників, розроблених в рамках проєкту AgroBioHeat з метою надання системних знань про використання різних видів агробіомаси.

Зокрема, ця публікація сфокусована на кількох видах біомаси, що утворюються як виробничі залишки агропромислових підприємств, які переробляють сільськогосподарську продукцію. Такі види агробіомаси, як оливкові кісточки, оливкова макуха, суха горіхова шкаралупа, лушпиння соняшнику та інші мають досить високу теплотворну здатність і доволі низьку вартість для того, щоб бути дуже привабливим паливом для широкого спектру використання у біоенергетиці, від побутового опалення до великого промислового виробництва теплової або електричної енергії.

Проєкт AgroBioHeat спрямований на масове поширення вдосконалених і готових ринкових рішень для систем опалення, що працюють на агробіомасі в Європі. Агробіомаса є значним, недовикористовуваним місцевим ресурсом, який може допомогти в досягненні європейських енергетичних і кліматичних цілей, одночасно сприяючи розвитку сільських територій і економіки замкнутого циклу. Цей проєкт отримав фінансування від Програми досліджень та інновацій ЄС Горизонт 2020 згідно Грантової Угоди № 818369.

Додаткову інформацію про проєкт можна знайти на веб-сайті:

www.agrobioheat.eu

Даний документ відображає лише погляди авторів. Європейське виконавче агентство з питань клімату, інфраструктури та довкілля (CINEA) не несе відповідальності за будь-яке використання інформації, що міститься в ньому.

Ведучий бенефіціар
Основні автори



Додаткові автори

AVEBIOM

Пабло Родеро Масдемонт
AVEBIOM

Даніел Гарсія Галіндо
AVEBIOM

Алісія Міра Угіна
AVEBIOM

Маноліс Карампініс
CERTH

Семен Драгнєв (UABIO)

Тетяна Желєзна (UABIO)

Обов'язкове
депонування

DL VA 211-2022



Зміст

ВСТУП: АГРОПРОМИСЛОВІ ЗАЛИШКИ	8	ХАРАКТЕРИСТИКИ: ДЕ І ЯК УТИЛІЗУЄТЬСЯ	
ЗАЛИШКИ, ПОБІЧНА ПРОДУКЦІЯ ЧИ ВІДХОДИ?	10	ШКАРАЛУПА?	38
ОЛИВКОВІ КІСТОЧКИ	11	ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ	40
ОПИС	11	Використання шкаралупи мигдалю під час виробництва паприки	40
ПОТЕНЦІАЛ І ЙОГО РОЗПОДІЛЕННЯ В ЄВРОПІ	13	Використання шкаралупи мигдалю в теплиці для декоративних квітів	41
ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ	17	КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ ЕФЕКТИВНОЇ ТИЛІЗАЦІЇ	
Оливкові кісточки для опалення школи в Гранаді	17	ШКАРАЛУПИ ГОРІХІВ	42
Перший готель у регіоні Хаен (Іспанія), що використовує оливкові кісточки як паливо	18	ЛУШПИННЯ СОНЯШНИКА	43
ОЛИВКОВА МАКУХА 'ОЛИВКОВІ ВИЧАВКИ'	20	ОПИС	43
ОПИС	20	ПОТЕНЦІАЛ І ЙОГО РОЗПОДІЛЕННЯ В ЄВРОПІ	44
ПОТЕНЦІАЛ І ЙОГО РОЗПОДІЛЕННЯ В ЄВРОПІ	22	ХАРАКТЕРИСТИКИ: ДЕ І ЯК УТИЛІЗУЄТЬСЯ?	47
ХАРАКТЕРИСТИКИ: ДЕ І ЯК УТИЛІЗУЄТЬСЯ?	23	ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ	49
ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ	24	Використання лушпиння соняшника для виробництва технологічної пари і електроенергії в Україні	49
Установка газифікації сухих оливкових вичавків у Aceites Guadalestín	24	Використання гранул з лушпиння соняшника в побутових котлах	50
VIOPAR S.A. - Найбільша і новітня електростанція на біомасі в Греції	26	Опалення теплиць з використанням гранул з лушпиння соняшника	50
КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ ЕФЕКТИВНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ОЛИВКОВОЇ МАКУХИ	27	Опалення торговельного центру з використанням гранул з лушпиння соняшника	50
СУХА ШКАРАЛУПА ГОРІХІВ	29	КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ ЕФЕКТИВНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ	
ОПИС	29	ЛУШПИННЯ СОНЯШНИКА	51
Шкаралупа мигдалю	30	ІНШІ ВІДХОДИ	52
Подрібнені соснові шишки	31	Кавова гуща	54
Шкаралупа фундука	32	Плодові кісточки	55
Шкаралупа фісташок	32	Рисове лушпиння	56
Шкаралупа волоських горіхів	32	Стрижні кукурудзи	56
Шкаралупа мигдалю	33	Відходи очищення бавовни	57
		Імпортовані агропромислові відходи	57



ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

Скорочення	Пояснення
АПК	Агропромисловий комплекс
КГ	Кавова гуща
ОГС	Органічні газоподібні сполуки
ОЕЗ	Олійноекстракційний завод
ТЕС	Теплова електростанція
ТЕЦ	Теплоелектроцентрально
с.р.	Сухо речовина
СТН	Технічний комітет нормалізації
ESP	Електростатичний фільтр
FAO	Продовольча та сільськогосподарська організація ООН
H2020	Програма фінансування «Горизонт 2020»
ICNF	Інститут охорони природи та лісів (Португалія)
MITECO	Міністерство екологічного переходу Іспанії
PM	Тверді частки
RD	Королівський указ
UNE	Іспанська асоціація нормалізації
UNI	Італійська асоціація нормалізації
a.r.	Робочий стан палива (як отримано)
d.b.	Сухо основа



ПЕРЕЛІК ТАБЛИЦЬ

Таблиця 1. Межі основних характеристик оливкових кісточок згідно системи сертифікації BIOmasud®	15
Таблиця 2. Типові значення показників для оливкової макухи.	23
Таблиця 3. Виробництво шкаралупи мигдалю в країнах Європи у тонах на рік.....	33
Таблиця 4. Річний теоретичний потенціал шкаралупи кедрових горіхів (у тонах) за країнами	35
Таблиця 5. Річний теоретичний потенціал подрібнених соснових шишок (у тонах) за країнами.	35
Таблиця 6. Річний теоретичний потенціал шкаралупи фундука (у тонах) за країнами	36
Таблиця 7. Річний теоретичний потенціал шкаралупи фісташок (у тонах) за країнами.....	36
Таблиця 8. Річний теоретичний потенціал шкаралупи волоського горіха (у тонах) за країнами.....	36
Таблиця 9. Межі основних параметрів сухої шкаралупи відповідно до системи сертифікації BIOmasud®	38
Таблиця 10. Топ-10 виробників соняшника у світі	44
Таблиця 11. Топ-10 виробників соняшнику в ЄС	45
Таблиця 12. Індикативний склад гранул з лушпиння соняшника.....	47
Таблиця 13. Типові характеристики подрібнених виноградних кісточок	53
Таблиця 14. Частка маси ендокарпію деяких плодів.....	55
Таблиця 15. Типові характеристики персикових кісточок.	55

ПЕРЕЛІК РИСУНКІВ

Рис. 1: Складові плода оливки.	11
Рис. 2: Очищені та висушені, готові до використання оливкові кісточки.	12
Рис. 3: Масовий баланс у двофазному процесі виробництва оливкової олії.	12
Рис. 4: Розподіл теоретичного потенціалу оливкових кісточок в ЄС + Туреччина + Албанія (2019 р.).....	13
Рис. 5: Річний теоретичний потенціал оливкових кісточок в різних країнах.	14
Рис. 6. Оливкові кісточки.	16
Рис. 7 та 8. CES Ramón y Cajal котельня з основним встановленим обладнанням.....	17
Рис. 9. Готель Spa Sierra de Cazorla.	18
Рис. 10: Оливкова макуха	20
Рис. 11: Альтернативні напрямки отримання твердих біопалив (оливкові вичавки, оливкова макуха та оливкові кісточки) на оліє-пресових та оліє-екстракційних виробництвах.	21
Рис. 12: Виробництво оливкової макухи (відпрацьованих оливкових вичавків) в деяких країнах, т/рік (2019 р.).	22
Рис. 10: Оливкова макуха	20
Рис. 13: Установка газифікації оливкової макухи (4 МВтт та 1 МВтс).....	25





Рис. 14: Лагуна alpeorijo	25
Рис. 15: Аерофотознімок електростанції на біомасі 5 МВт компанії VIOPAR S.A. у Волосі, Греція	26
Рис. 16: Сховище для зберігання оливкової макухи та топка VIOPAR (Джерело: VIOPAR)	26
Рис. 17: Шкаралупа мигдалю: отримана після виділення ядра	30
Рис. 18: Шкаралупа мигдалю: розмелена мигдальна шкаралупа	30
Рис. 19: Шкаралупа кедрових горіхів.	30
Рис. 20: Масовий баланс шкаралупи кедрових горіхів і залишків соснових шишок.....	31
Рис. 21: Подрібнені соснові шишки: ціла соснова шишка.....	31
Рис. 22: Подрібнені соснові шишки: луска соснових шишок.....	31
Рис. 23: Подрібнені соснові шишки змішані з шкаралупою кедрових горіхів.....	32
Рис. 24: Шкаралупа фундука	32
Рис. 25: Шкаралупа фісташок.....	32
Рис. 26: Шкаралупа волоських горіхів.....	33
Рис. 27: Виробництво шкаралупи мигдалю за країнами у тонах на рік.	34
Рис. 28: Виробництво шкаралупи кедрових горіхів за країнами в тонах на рік.	34
Рис. 29: Виробництво соснових шишок за країнами в тонах на рік.	35
Рис. 30: Виробництво шкаралупи фундука по країнах у тоннах на рік.....	37
Рис. 31: Виробництво шкаралупи фісташок по країнах у тоннах на рік.	37
Рис. 32: Виробництво шкаралупи волоських горіхів по країнах у тоннах на рік.....	37
Рис. 33: Сушений перець	40
Рис. 34: Фотографія в сушарці Кооперативу Francisco Palao.....	40
Рис. 35: Котел теплиці з пальником на біомасі 1 МВт і ще одним 2,5 МВт	41
Рис. 36: Квітами в теплиці.....	41
Рис. 37: Структура насіння сояшника.	43
Рис. 38: Розташування місць вирощування сояшнику в Європ.....	44
Рис. 39: Гранули з лущиння сояшника.....	45
Рис. 40: Зростання врожайності сояшника з 1961 по 2019 рр.	46
Рис. 41: ТЕЦ на біомасі на ОЕЗ в Україні.....	49
Рис. 42: Масовий баланс процесу отримання подрібнених виноградних кісточок.	52
Рис. 43: Гранули з подрібнених виноградних кісточок	53
Рис. 44: Подрібнені виноградні кісточки.....	53
Рис. 45: Кавова гуща.	54
Рис. 46: Цілі персикові кісточки.	55
Рис. 47: Подрібнені персикові кісточки.	55
Рис. 48: Бавовна-сирець на бавовноочисному заводі	57
Рис. 49: Відходи очищення бавовни, призначені для споживання на ТЕЦ 1 МВт.....	57



Вступ: агропромислові залишки

Агропромислові тверді біопалива отримують з залишків переробки сільськогосподарської продукції в агропромисловому комплексі (при виробництві рослинних олій, на підприємствах з переробки сухих горіхів та ін.). Незважаючи на деяке локальне використання у старих традиційних приладах, багато з таких залишків ще декілька років тому вважалися екологічною проблемою, оскільки накопичувалися у величезних кількостях без належної обробки або утилізації.

Наприклад, 20-30 років тому оливкова макуха накопичувалася у лагунах, які вимивалися у водоносні горизонти, і, окрім місцевого використання в традиційних печах, у неї не було іншого застосування. Інші агропромислові залишки, такі як шкаралупа мигдалю, також використовувалися на місцевому рівні в традиційних печах, але підприємство з переробки горіхів здатне генерувати за малий проміжок часу занадто великі обсяги біомаси для такого напрямку застосування.

Різні агропромислові галузі виробляють різноманітні залишки, і майже всі вони можуть бути використані для біоенергетики чи інших напрямків. Однак, коли справа доходить до використання залишків як твердого біопалива, існують певні змінні показники, які звужують цей асортимент лише до кількох видів біомаси:

Вологість: багато агропромислових залишків мають високу вологість (вичавки, лушпайка тощо). Хоча спалювання таких фракцій можливо в спеціалізованих установках, їх частіше використовують як сировину для виробництва біогазу, отримання біовугілля або для годівлі тварин. Види біомаси, такі як лушпиння, шкаралупа, кісточки або інші, що мають відносно

низький вміст вологи після процесу сушіння, можуть бути простіше використані як тверде біопаливо. Крім того, низький вміст вологи збільшує їх енергетичну щільність, що полегшує зберігання та транспортування.

Обсяги: одна з головних переваг агропромислового твердого біопалива полягає в тому, що воно виробляється у великих обсягах. Але цей фактор впливає на двох рівнях:

Макрорівень (тобто країна, регіон). Залишки, які найбільше використовуються сьогодні, розвинули ринки, оскільки в регіоні було зосереджено потужне виробництво. Наприклад, оливкові кісточки дуже часто застосовуються в біоенергетиці Іспанії, оскільки виробництво оливкової олії є масовим, і, очевидно, що рано чи пізно потрібно було знайти рішення щодо утилізації залишків її виробництва. Але є інші країни з невеликим виробництвом оливкової олії, у яких ринок оливкових кісточок ще зовсім не розвинений. У регіонах чи країнах із масовим виробництвом ще кілька років тому такі агропромислові залишки створювали проблеми, але тепер, із відповідним усвідомленням їх цінності та впровадженнями технологіями, вони є економічним відновлюваним джерелом енергії.

Рівень підприємства. Важливо, щоб підприємство виробляло достатньо великі обсяги побічної продукції. Якщо обсяги малі, підприємству складно інвестувати у зміну технології або її вдосконалення, щоб валоризувати залишки або побічну продукцію. З іншого боку, підприємству важко забезпечити споживання великих обсягів біомаси на місці,



оскільки для цього іноді потрібні значні зміни і витрати, тому споживачі інвестують у невеликі енергоустановки.

Відсутність інших напрямки використання:

зазвичай, якщо залишок використовується як тверде біопаливо, це відбувається тому, що неможливе інше використання або, принаймні, альтернативне використання не забезпечує споживання всього утвореного обсягу. Наприклад, багато залишків мають низький вміст білка та низьку поживну цінність, тому не придатні для використання як корм для тварин. Оливкові кісточки можуть застосовуватися косметичною промисловістю для виробництва скрабів, але ця ніша ринку потребує дуже невеликих обсягів даного виду біомаси. Якщо існує або розвивається більш вигідний альтернативний, неенергетичний ринок, виробники залишків можуть віддати йому перевагу.

Європа має значний потенціал агропромислових залишків, які можна використовувати як тверде біопаливо, через різноманітність сільськогосподарських культур, що вирощуються, та велику кількість переробних підприємств АПК. Такі країни як Іспанія, Італія та Греція виробляють оливкову олію, Росія та Україна – соняшникову олію, Туреччина – сухі горіхи; зазначені країни є світовими лідерами у виробництві відповідних видів продукції і, отже, лідерами за обсягами генерування залишків їх переробки.

Залежно від процесів, в результаті яких вони утворюються, тверді біопалива мають різні якісні показники. Залишки, що пройшли лише фізичну обробку (у більшості випадків – відділення), мають хороші паливні характеристики і придатні навіть для побутового використання в

невеликих котлах або навіть печах. Це стосується оливкових кісточок, сухої горіхової шкаралупи, персикових кісточок тощо, коли потрібно лише «відрегулювати» їх вологість (або просто захистити від опадів) і в деяких випадках змінити розмір часток для гомогенізації (видалити дрібні частинки, подрібнити великі частинки тощо). Види біомаси, отримані в результаті процесів екстракції олії (оливкова макуха, порошок виноградних кісточок), що зазнали хімічної екстракції гексаном і складаються, переважно, з вичавленої м'якоті плодів, зазвичай мають більшу зольність та інші несприятливі характеристики (наприклад, високий вміст хлору). Це робить їх непридатними для невеликих систем спалювання, тому перевага віддається промислового застосуванню.

Деякі агропромислові залишки вже мають досить розвинений ринок використання як у промисловому, так і у побутовому біоенергетичному обладнанні. Це стосується оливкової макухи та оливкових кісточок в Іспанії. Для інших залишків або країн – ситуація інша. Мета цього посібника – представлення інформації, досвіду та конкретних прикладів ряду країн щодо найсучасніших методів валоризації агропромислових залишків.

Як показано в посібнику, потенціал агропромислових відходів є великим; його утилізація може сприяти енергетичному переходу та досягненню ЄС цілей по декарбонізації 2030 та 2050 рр. економічно ефективним способом. Однак, для уникнення технічних та екологічних проблем, така агробіомаса має використовуватися у сучасному спеціалізованому енергообладнанні.



Залишки, побічна продукція чи відходи?

Часто такі терміни як «залишки», «відходи» або «побічні продукти» використовуються як синоніми для опису асортименту біомаси, що виробляється АПК. Важливо зазначити, що, принаймні в європейському правовому контексті, визначеному Рамковою директивою про відходи, ці терміни мають різні значення.

Продукт – це матеріал, який свідомо створюється в процесі виробництва.

Залишок виробництва – це матеріал, який навмисно не виробляється в процесі виробництва. Він може бути або не бути відходом.

Відходи – це будь-яка речовина або предмет, якої власник позбувається, має намір або зобов'язаний позбутися. Виробник відходів повинен виконувати конкретні юридичні зобов'язання.

Побічний продукт – це залишок виробництва, який не вважається відходом за умови виконання наступних умов:

- а) подальше використання речовини чи предмета є визначеним;
- б) речовину або предмет можна використовувати безпосередньо без будь-якої подальшої обробки, крім звичайної промислової практики;
- в) речовина або предмет виробляється як невід'ємна частина виробничого процесу;
- г) подальше використання є законним, тобто речовина або предмет відповідає всім

необхідним вимогам щодо якості продукту, впливу на навколишнє середовище та здоров'я для конкретного застосування, і не призведе до загального негативного впливу на навколишнє середовище чи здоров'я людини.

Визначення критеріїв для класифікації виробничого залишку як «побічного продукту» може здійснюватися або на європейському рівні (через чинні акти Європейської Комісії), або на рівні держави-члена (дотримуючись процедури повідомлення).

Визначення правового статусу агропромислових залишків часто ускладнюється відсутністю відповідних законодавчих актів як на рівні ЄС, так і на рівні держав-членів. На момент написання посібника в Іспанії триває процес визначення оливкової макухи як «побічного продукту»¹, але національні правові акти, які мають обов'язкову силу, ще не набули чинності.

Автори цього посібника вважають, що види біомаси, розглянуті в ньому, загалом відповідають критеріям для класифікації їх як «побічних продуктів», принаймні в країнах-членах, де зосереджено їхнє виробництво. Однак, щоб уникнути непорозумінь, у посібнику використовується більш нейтральний термін «залишки».

¹ (FIN DE PLAZO 2020-11-30) Proyecto de Orden Ministerial por la que se determina cuándo los orujos grasos procedentes de almazara y destinados a la extracción de aceite de orujo de oliva crudo se consideran subproductos, con arreglo a la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/PP-Residuos-2020-Proyecto-Orden-determina-cuando-orujos-grasos-extraccion-aceite-orujo-subproductos.aspx



Оливкові кісточки

ОПИС

Оливкові кісточки — це твердий залишок, що утворюється при виробництві оливкової олії. Він складається з ендокарпію («кісточки» або «кістки») оливки. Оливкові кісточки являють собою подрібнені шматочки, оскільки оливки попередньо подрібнюються для покращення процесу екстрагування олії за допомогою фізичних методів. М'якоть і шкірка плодів оливки разом з кісточками утворюють так звані «оливкові вичавки». Таким чином, оливкові кісточки утворюються як окрема фракція на оліє-пресових підприємствах, що застосовують фізичний процес відділення оливкової кісточки з вичавки, після якого зазвичай кісточки підсушуються для зниження вмісту вологи.

Крім того, оливкові кісточки можуть утворюватися на підприємствах, які видобувають олію з оливкових вичавків методом екстракції. У таких випадках оливкові кісточки зазвичай видаляють з вичавків до хімічного вилучення олії, тому кісточки не змішуються з хімічними речовинами і мають кращу якість. Наразі, це є поширеною практикою в Іспанії, тому

вміст кісточок в оливковій макусі в останні роки знижується. Це впливає на баланс маси процесу та якість макухи. В Греції практика відокремлення оливкових кісточок від вичавків досі не набула поширення.

Крім того, іноді оливкову кісточку можна отримати з відпрацьованих оливкових вичавків (оливкової макухи) після хімічної екстракції шляхом фізичного розділення. В такому випадку оливкові кісточки не потребують додаткової сушки, оскільки вже мають низький вміст вологи. Операції отримання оливкових кісточок при виробництві оливкової олії представлено на **рис. 11**.



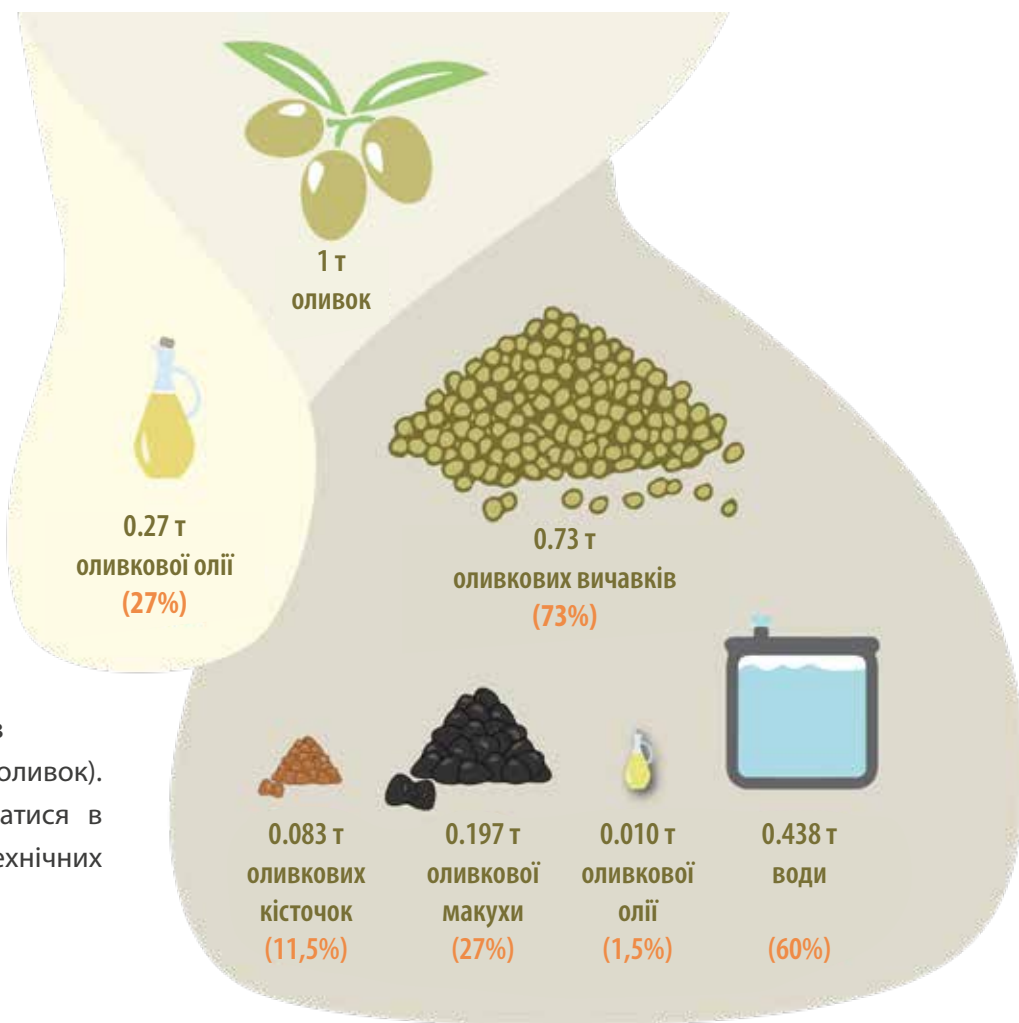
Вологість оливкових кісточок, отриманих при виробництві оливкової олії пресовим способом або екстракцією оливкової вичавки, є досить високою - близько 22-25%. Крім того, існує обмежена здатність відокремлення всього ендокарпію від оливкової макухи, і, таким чином, мілкіші фракції залишаються в макусі.

Рис. 1

Складові плода оливки. (Джерело: AVEBIOM)



Екстракцію оливкової олії можна виконувати різними способами, хоча найбільш поширеними в Європі є дво- та трифазні процеси центрифугування. Двофазний процес вважається більш сучасним та ефективним і зараз займає найбільшу частку ринку. Баланс мас двофазного процесу представлений на **рис. 3**, де показано, що переробка кожної тони оливков (у вазі, отриманої з урахуванням ваги оброблених оливков). Фактичний вихід може змінюватися в залежності від сорту оливков і технічних параметрів процесів.

**Рис. 3**

Масовий баланс у двофазному процесі виробництва оливкової олії. (Джерело: ААЕ 2013)

Рис. 2

Очищені та висушені, готові до використання оливкові кісточки. (Джерело: AVEBIOM)





ПОТЕНЦІАЛ І ЙОГО РОЗПОДІЛЕННЯ В ЄВРОПІ

Доступність оливкових кісточок пов'язана з розташуванням територій вирощування оливок та їх переробки в оливкову олію, тому в Європі така біомаса наявна, в основному, в країнах Середземномор'я. За даними ФАО (<http://faostat.fao.org>), загальна площа, призначена для вирощування оливок, у 2019 р. становила близько 10,5 млн га.

Іспанія є найпотужнішим у світі виробником оливкової олії і, відповідно, найбільшим у світі виробником оливкових кісточок. В Іспанії площа вирощування оливок у 2019 р. досягла 2,6 млн га. Друга за величиною площа під оливками знаходиться в Тунісі – близько 1,6 млн га у 2019 р. Однак слід відзначити, що в Іспанії середня

врожайність оливок у 5 разів вища, ніж у Тунісі (2,8 т/га проти 0,5 т/га). Європейське виробництво оливкової олії становить понад 70% обсягу світового виробництва.

Іншими європейськими країнами зі значним виробництвом оливкової олії є Італія, Португалія та Греція. Інші країни, що не є членами ЄС, які виробляють оливкову олію, знаходяться, переважно, в Середземноморському басейні: наприклад, Туніс, Туреччина, Марокко, Єгипет, Алжир, Сирія.

Виробництво оливок зазнає значних коливань рік від року через змінні метеорологічні умови (кількість опадів), оскільки значна частина

ОЦІНКА ЧАСТКИ ВИРОБНИЦТВА ОЛИВКОВИХ КІСТОЧОК ЗА КРАЇНАМИ (середня за 2010-2019 рр.)

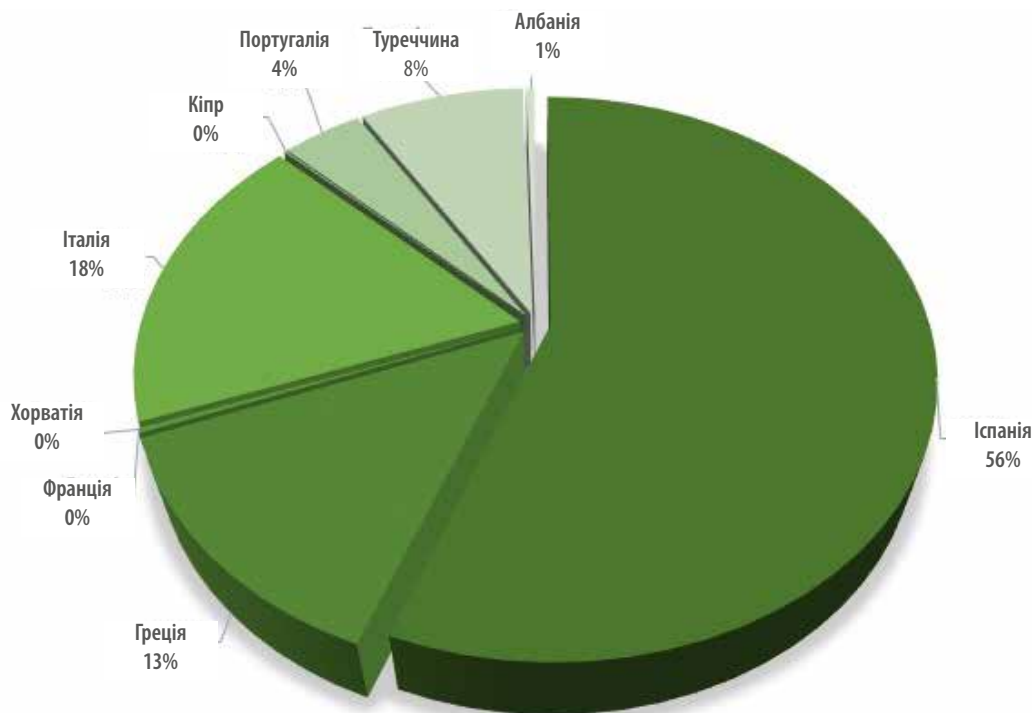


Рис. 4

Розподіл теоретичного потенціалу оливкових кісточок в ЄС + Туреччина + Албанія (2019 р.). (Джерело: представлення AVEBIOM даних FAOSTAT)



плантацій обробляється без зрошення. Крім того, змінний характер плодоношення різних видів оливкових дерев додатково впливає на врожайність плантацій й, відповідно, – на виробництво оливкової олії та доступність оливкової кісточки.

На **рис. 4 і 5** представлено оцінку обсягу оливкових кісточок, вироблених в Європі. Оцінка базується на річному виробництві оливок для переробки в олію. Ці обсяги являють собою теоретичний потенціал кісточок. Реальна досяжність даного виду біомаси залежить від: а) фактичної кількості оливкової макухи, переробленої для відділення оливкових кісточок; б) ефективності систем сепарації кісточок (слід зазначити, що якщо на оливковому оліє-пресовому виробництві або на екстракційних установках застосовані

неефективні системи розділення, то доволі велика частка оливкових кісточок залишиться у макусі). Таким чином, оцінка технічного потенціалу оливкових кісточок для певної країни чи регіону повинна базуватися на фактичній практиці управління оливковою макухою.

Щодо перспективності використання потенціалу оливкових кісточок, очікується зростання їх доступності на ринку з огляду на дві основні причини: 1) практика відокремлення кісточок від оливкової макухи (до хімічного вилучення олії на екстракційних установках) дедалі більше поширюється; відповідно, оливкова макуха містить менше кісточок; 2) площі оливкових плантацій розширюються, модернізуються та забезпечуються системами поливу, тому виробництво оливок має тенденцію до збільшення.

ОЦІНКА ВИРОБНИЦТВА ОЛИВКОВИХ КІСТОЧОК (т/рік)

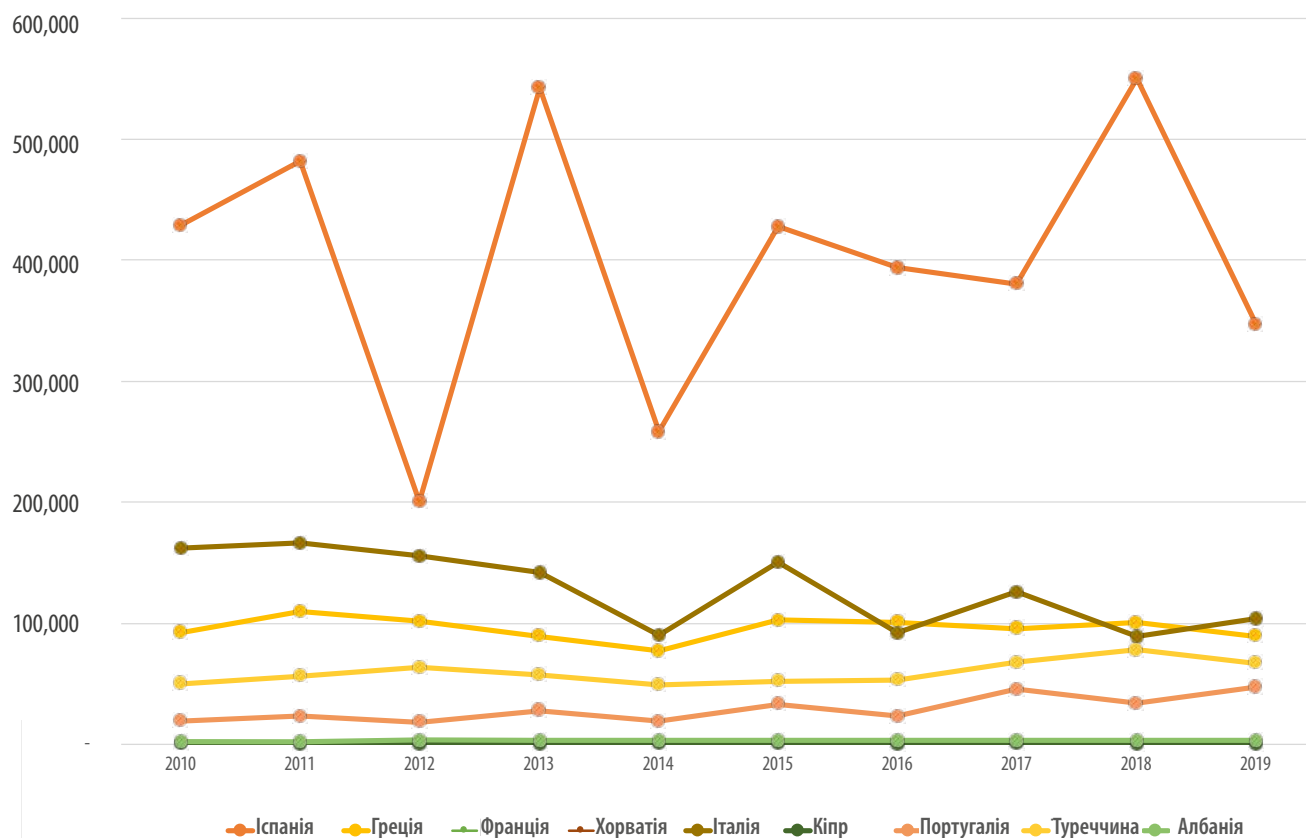


Рис. 5

Річний теоретичний потенціал оливкових кісточок в різних країнах. (Джерело: представлення AVEBIOM даних FAOSTAT)



ХАРАКТЕРИСТИКИ: ДЕ І ЯК УТИЛІЗУЄТЬСЯ?

Оливки подрібнюються на олійноекстракційних підприємствах для підвищення ефективності процесу, тому також подрібнюються і кісточки. Форма такої біомаси зерниста з розмірами часток приблизно 2-4 мм. В результаті робіт зі стандартизації проєктів **Biomassud** (SUDOE – Interreg) і **Biomassud Plus** (H2020), в Іспанії розроблено стандарт якості UNE 164003:2014, який встановлює основні фізико-хімічні характеристики твердого біопалива з оливкових кісточок. Іспанський комітет (CTN-164) оновив цей стандарт з деякими незначними змінами у граничних значеннях; очікується, що його буде затверджено на початку 2022 року. Крім того, аналогічний комітет в Італії відтворить даний стандарт з незначними відмінностями (стандарт буде називатися UNI 1609270).

Відділені кісточки оливки мають вологість 20-22% і досить високий вміст дрібних частинок, які погіршують якість біопалива. Можна реалізувати процес підвищення цінності (валоризації), який в

основному складається з двох етапів: зменшення вологості та видалення дрібних частинок шляхом просіювання. Цей процес можна легко інтегрувати на підприємствах з виробництва оливкової олії, або, як альтернатива, на окремих установках інших компаній.

Оливкові кісточки мають низький вміст золи і тому можуть використовуватися у всіх видах опалювальних пристроїв – від найменших (пічки та побутові індивідуальні котли) до найбільших (промислові котли). Наразі все ще дуже поширене використання оливкових кісточок без будь-яких додаткових підготовчих операцій, таких як сушіння та очищення від дрібної фракції (близько 70-80% загального обсягу в Іспанії). За таких умов, більшість оливкових кісточок споживається на промислових підприємствах, що впровадили передові технології спалювання та очищення димових газів. Це дає можливість забезпечити якісне згорання без негативного впливу на навколишнє середовище. Якщо ж непідготовлені

ПОКАЗНИК	КЛАС ЯКОСТІ			РОЗМІРНІСТЬ
	A1	A2	B	
Вологість	≤ 12	≤ 12	≤ 16	мас. % a.r.
Зольність	≤ 0,7	≤ 1,0*	≤ 1,3*	мас. % d.b
Вміст олії	≤ 0,6	≤ 1,0	≤ 1,5	мас. % d.b.
Частинки (<2 мм)	< 15	< 15	< 25	мас. % a.r.
Нижча теплотворна здатність	≥ 15,7	≥ 15,7	≥ 14,9	МДж/кг (a.r.)
Азот	≤ 0,3	≤ 0,4	≤ 0,6	мас. % d.b.
Сірка	≤ 0,03	≤ 0,04	≤ 0,05	мас. % d.b.
Хлор	≤ 0,03	≤ 0,04	≤ 0,05	мас. % d.b.

Таблиця 1

Межі основних характеристик оливкових кісточок згідно системи сертифікації BIOmasud®

*Значення вмісту золи іспанського стандарту (UNE 164003) оновлювалися комітетом CTN-164 на початку 2022 року; будуть встановлені значення 1,2% для A2 і 2,0 для B. Італійський стандарт (UNI 1609270) також буде опубліковано до першої половини 2022 року, а значення, швидше за все, будуть такими ж: 1,2% для A2 і 2,0% для B.



(неочищені) оливкові кісточки спалюються в застарілих пічках або котлах, то мають місце високі рівні емісії. Це створює проблеми диму і запаху й негативно впливає на якість повітря.

Оливкові кісточки є якісним твердим біопаливом з характеристиками, дуже близькими до високоякісних деревних гранул, тому вони придатні для використання в побутовому та секторі послуг. В таблиці 1 наведено основні характеристики підготовлених для спалювання оливкових кісточок (відповідно до системи сертифікації BIOmasud®).

Кілька виробників котлів на біомасі вже випускають моделі котлів, які адаптовані до цього палива. Експлуатація котлів характеризується високим ККД й рівнями викидів в межах граничнодопустимих значень. Крім того, багато опалювальних пристроїв для деревних гранул також можуть працювати на оливкових кісточках з певною кількістю адаптацій. З огляду на різний розмір деревних гранул і подрібнених оливкових кісточок, потрібно адаптувати систему паливоподачі, камеру спалювання, решітку, систему подачі.

Як і інші види агробіомаси, оливкові кісточки входять до рамок Регламенту Єврокомісії 2015/1189, що встановлює вимоги до екологічного дизайну твердопаливних котлів. В проєкті

AgroBioHeat в серії випробувань було досліджено ефективність горіння оливкових кісточок разом із кількома іншими видами палива з агробіомаси. Випробування проводилися в лабораторних умовах з використанням найсучасніших котлів на біомасі за загальною процедурою випробувань відповідно до стандарту випробувань котлів EN 303-5.

Зокрема, оливкові кісточки спалювали в котлі потужністю 49 кВт, що використовує технологію спалювання з рухомими колючими решітками у поєднанні з системою очищення за допомогою електростатичного фільтру (ESP) для контролю викидів частинок. Встановлено, що сезонні викиди CO, OGC, NOx і PM нижчі граничнодопустимих відповідно до Регламенту з Екодизайну для палива з деревної біомаси. Це означає, що такі види біомаси можна використовувати в сучасних котельних установках, досягаючи рівня викидів як при спалюванні деревної біомаси.

Для отримання додаткової інформації:

Brunner, T., Nowak, P., Mandl, C., Obernberger, I. (2021) *Assessment of Agrobiomass Combustion in State-of-the-Art Residential Boilers. Proceedings of the 29th European Biomass Conference and Exhibition, pages 379 – 388. DOI: 10.5071/29thEUBCE2021-2AO.5.1. Доступно за реєстрації на вебсайті: <http://www.etaflorence.it/proceedings/>*



Рис. 6

Оливкові кісточки. (Джерело: AVEBIOM)



ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ

ОЛИВКОВІ КІСТОЧКИ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ШКОЛИ В ГРАНАДІ

Центр середньої освіти CES Santiago Ramón – це навчальний заклад, який включає обов'язкову середню освіту, отримання ступеня бакалавра та різні напрямки професійної підготовки. Він знаходиться у західній частині міста Гранада в Іспанії. Це дуже близько до одного з головних в'їздів у центр міста та до кампусу університету Фуентенуева, де розташована більшість наукових та інженерних приміщень Університету Гранади.

Біоенергетична установка CES Ramón у Cajal de Granada була впроваджена у 2018 році як частина проєкту енергетичної реконструкції за підтримки IDAE (Інститут диверсифікації та економії енергії) в рамках програми PAREER-CRECE¹.

Будівля CES Ramón у Cajal площею 7602 квадратних метрів була зведена у 1983 р. На момент модернізації енергозабезпечення вона мала енергетичний рейтинг C.

Перед встановленням котла на біомасі використовувався котел на мазуті номінальною потужністю 476 кВт з сезонним ККД 52 %. Споживання мазуту складало приблизно 13767 літрів на рік.

Нова біоенергетична установка включає багатопаливний котел марки ITB, модель INV-9245050, потужністю 450 кВт, із баком акумулятором на 4000 л; сезонний ККД 82,80%. Слід зазначити, що за рахунок покращення якості вікон та управління системою кондиціонування повітря в рамках проєкту модернізації енергозабезпечення, стало можливим встановити котел трохи меншої потужності, ніж старий.

Паливо до котла подається з вертикального бункера об'ємом 38 кубометрів, який замаскований таким чином, що не впливає на естетику будівлі. Біоенергетична установка підключена до системи дистанційного моніторингу PRETEL IDAE.

Перехід з мазуту на біомасу привів до щорічної економії витрат на паливо у понад 48% (ціни 2019 року). При поточних цінах та враховуючи стабільність поставок оливкових кісточок, які є основним паливом, оцінена економія коштів була б ще більшою. Крім того, відмова від мазуту зменшила викиди CO₂ більш ніж на 180 т на рік.



Рис. 7 та 8

CES Ramón y Cajal і котельня з основним встановленим обладнанням. Джерело: Intecbio S.L.

¹ PAREER CRECE is a support program for the energy rehabilitation of existing buildings funded with ERDF funds, More info: <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-rehabilitacion-de-edificios-programa-pareer/programa-de-ayudas-para-la>



ПЕРШИЙ ГОТЕЛЬ У РЕГІОНІ ХАЕН (ІСПАНІЯ), ЩО ВИКОРИСТОВУЄ ОЛИВКОВІ КІСТОЧКИ ЯК ПАЛИВО

Ще у 2006 році готель Spa Sierra de Cazorla, розташований в Ла-Іруела, регіон Хаен (Іспанія), вирішив відмовитися від викопних палив і став одним із перших енергетично сталих готелів в Іспанії та першим, що використовує оливкові кісточки як паливо. До того часу оливкові кісточки в регіоні використовувалися лише в традиційних і застарілих енергетичних приладах. Рішення, прийняте готелем, було логічним, оскільки регіон Хаен є світовим лідером у виробництві оливкової олії і, відповідно, залишків від переробки оливков. Використання оливкових кісточок у сучасному котлі було складним завданням, оскільки не було стандартів, а умови постачальників біомаси іноді суттєво відрізнялися. Після багатьох років успішної роботи котла можна сказати, що цей досвід пройшов перевірку часом і його можна вважати гарним прикладом.

Котельня має загальну потужність 800 кВт з двома встановленими котлами HERZ Biomatic по 400 кВт. Проект був реалізований іспанським партнером HERZ – компанією Termosun Energías S.L. Котли, незважаючи на 15-річний термін експлуатації, досі досягають ККД понад 95%. Вони мають «кілька технологічних блоків»

для автоматичного контролю виробництва теплової енергії, очищення димових газів та контролю викидів твердих часток. Також котли оснащені автоматичним захистом від пожежі та автоматичним збором золи. Оливкові кісточки подають із двох бункерів, кожен ємністю 45 т. Вироблене тепло використовується для гарячого водопостачання для комунально-побутових потреб, для опалення приміщень, спа та тренажерного залу. У зимовий період, коли котли працюють на повну потужність, споживається близько 1300 кг оливкової кісточка на добу, тоді як середньорічне добове споживання становить порядку 730 кг оливкових кісточок (одинадцять місяців у році теплової енергії потребують, переважно, спа та гаряче водопостачання).

Рис. 9

*Готель Spa Sierra de Cazorla.
Джерело: Termosun Energías S.L*





КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ ЕФЕКТИВНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ОЛИВКОВИХ КІСТОЧОК

Використання оливкових кісточок можливе в енергоустановках малої і середньої потужності для виробництва теплової енергії. Для забезпечення їх ефективної та екологічної функціональності необхідно враховувати деякі ключові аспекти:

ВАЛОРИЗАЦІЯ. Ключовим аспектом є покращення паливних характеристик оливкових кісточок. Процес підготовки такої біомаси включає операції сушіння та видалення дрібних фракцій. Завдяки цьому отримують тверде біопаливо хорошої якості, яке підходить навіть для найменших побутових пристроїв.

ЧАС ВИГОРЯННЯ ПАЛИВА на колосниковій решітці (у разі використання рухомих колосників з безперервним видаленням золи) або інтервали очищення решітки (у разі періодичного очищення решітки) необхідно відрегулювати залежно від часу вигорання деревного вугілля оливкових кісточок. Це необхідне, щоб досягти високої конверсії вуглецю і, як наслідок, низького вмісту вуглецю в подовій золі¹.

Використання оливкових кісточок не викликає проблем з транспортуванням і подачею палива. Однак, враховуючи **МАЛИЙ РОЗМІР ЧАСТИНОК** подрібнених оливкових кісточок (наприклад, порівняно з гранулами) необхідна спеціально розроблена колосникова решітка для запобігання провалювання палива через отвори колосників безпосередньо в зольник¹.

НЕЗАЛЕЖНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ЯКОСТІ БІОМАСИ третіми сторонами за системою BIOmasud® набуває все більшої важливості:

Паливні властивості оливкових кісточок високої якості є стабільними і відповідають показникам палива в межах стандартного діапазону. Таке біопаливо забезпечує ефективну роботу печей і котлів, які вже налаштовані та оптимізовані для цього стандарту палива.

Сертифіковані оливкові кісточочки як паливо викликають довіру споживачів, які покладаються на якість палива та надійність постачальника. Крім того, уповноважені особи і представники органів влади розуміють, що сертифіковане паливо є запорукою ефективної роботи котла, а отже, низьких викидів у повітря. У цьому сенсі, все більше і більше публічних тендерів вимагають або дають додаткові бали для сертифікованої біомаси або навіть ставлять можливість фінансування в залежність від сертифікації палива (закон Іспанії RD 477).

¹ Source: Biomassud Plus project deliverable 5.5 "Guidelines for assessment of appropriate performance conditions of small domestic heating appliances with relevant Mediterranean solid biofuels"



Оливкова макуха ‘оливкові вичавки’

ОПИС

Оливкова макуха (також називається оливковими вичавками) — це залишок, отриманий з оливкових вичавків на підприємствах виробництва оливкової олії після процесу екстракції олії. Оливкові вичавки складаються із залишків ендокарпію (кістка), мезокарпію (м'якоти) та епікарпа (шкірка) оливки після механічного вилучення олії (пресування).

Оливкові вичавки містять немало кількість залишкової олії, яку можна отримати шляхом додаткової обробки. У деяких країнах вторинна механічна екстракція під назвою «*peraso*» (повторна переробка) застосовується для зменшення залишкового вмісту олії з 6-7% до 1,5% (в отриманому продукті) для цього використовується процес центрифугування у декантері. Додаткову кількість олії можна отримати за допомогою хімічних методів екстрагування, які використовуються на підприємствах, відомих як заводи з переробки оливкових вичавків. У країнах, де процес «*peraso*» не поширений, в оливкових вичавках залишається більше олії. Сировиною для олійних виробництв з оливкових вичавків можуть бути як необроблені вологі оливкові вичавки, так і вологі оливкові вичавки з меншим

вмістом подрібненої оливкової кісточки, якщо попередньо проводилось їх відокремлення.

Підприємства з переробки оливкових вичавків здійснюють сушіння вичавків (сировини), які надходять, для зменшення в них вмісту вологи, а потім застосовують хімічну екстракцію. Їх основним продуктом є сира оливкова олія з вичавків, яка може бути додатково очищена для ринку. Основний залишок — оливкова макуха («відпрацьована оливкова макуха»), що представляє собою дуже сухий і гранульований матеріал. Нині багато екстракційних виробництв, особливо в Іспанії, відокремлюють ендокарпій (кістку) від оливкових вичавків перед хімічною екстракцією, оскільки тоді вони мають більшу цінність. Однак не вдається досягти повного відокремлення всього ендокарпію, і менші фракції залишаються в оливковій макусі, яка підлягає обробці, і, таким чином, у відпрацьованій оливковій вичавці.

На **рис. 11** зображено альтернативні шляхи отримання різних видів твердого біопалива під час переробки оливкових вичавків. Схема спрощена і включає лише основні параметри. У ній не наведені деталі внутрішніх операцій (різні етапи додавання та відновлення води, центрифугування та декантування). Рідкі залишки та фракції відходів також не відображені.



Рис. 10

Оливкова макуха
(Джерело: AVEBIOM)

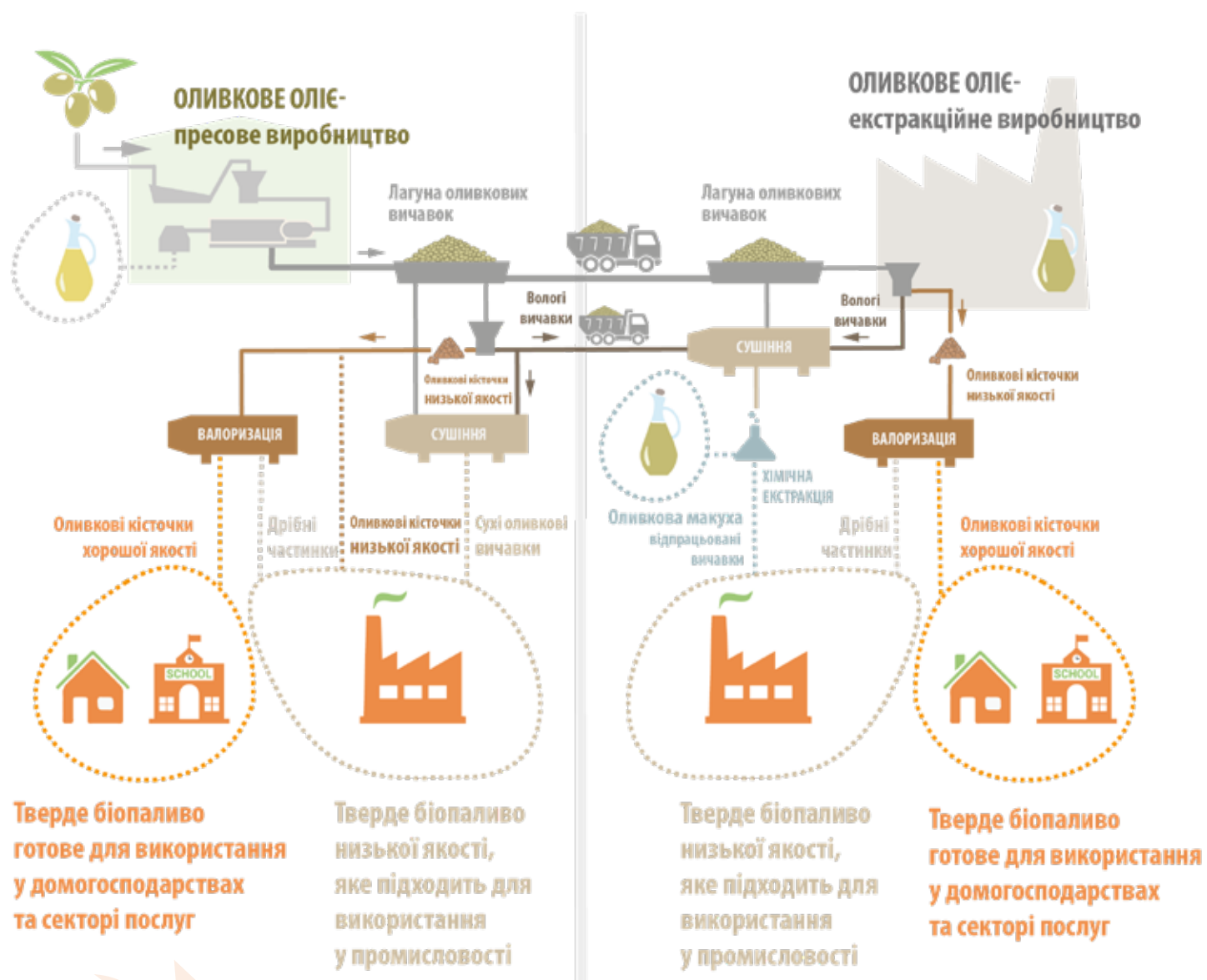


Рис. 11

Альтернативні напрямки отримання твердих біопалив (оливкові вичавки, оливкова макуха та оливкові кісточки) на оліє-пресових та оліє-екстракційних виробництвах. (Джерело: AVEBIOM)



ПОТЕНЦІАЛ І ЙОГО РОЗПОДІЛЕННЯ В ЄВРОПІ

Як і оливкові кісточки, поширення оливкової макухи пов'язане з територіями, на яких вирощують оливкові дерева. Оливкові вичавки в основному видобуваються сирими на підприємствах у країнах або районах з невеликим виробництвом, де хімічні видобувні потужності зазвичай недоступні. У щільних зонах виробництва оливкової олії, як правило, об'єктом хімічної екстракції є сирі оливкові вичавки, а потім виробляється оливкова макуха (відпрацьовані оливкові вичавки). Основними виробниками в Європі є Іспанія, Греція, Італія та Португалія.

На **рис. 12** представлено оцінку виробництва оливкової макухи за балансом маси з **рис. 3**. У середньому з кожної тони оливок, перероблених

для екстракції оливкової олії, утворюється 0,197 т оливкової макухи (близько 20 %).

Деякі обсяги оливкової макухи використовуються для власних потреб у процесі виробництва олії з оливкових вичавків, оскільки для сушіння вологих оливкових вичавків та отримання пари для хімічної екстракції необхідна теплова енергія. У деяких країнах також прийнято виробляти технологічне тепло з когенераційних установок на природному газі. На **рис. 12** представлено теоретичний потенціал оливкової макухи; для визначення наявного ринкового потенціалу, необхідно відняти обсяги макухи, які вже використовуються для виробництва теплової енергії для власного споживання на оліє-екстракційних підприємствах.

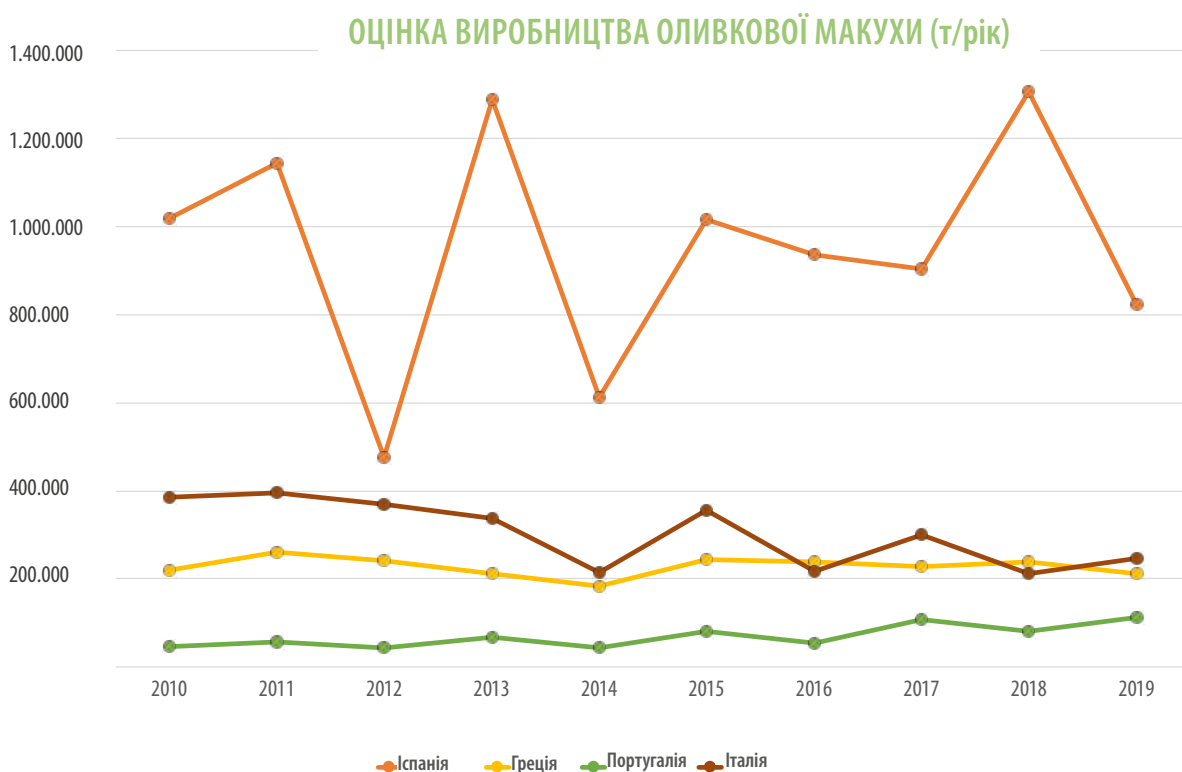


Рис. 12

Виробництво оливкової макухи (відпрацьованих оливкових вичавків) в деяких країнах, т/рік (2019 р.). (Джерело: AVEBIOM з представленням даних FAOSTAT)



ХАРАКТЕРИСТИКИ: ДЕ І ЯК УТИЛІЗУЄТЬСЯ?

Спеціального стандарту для оливкової макухи як твердого біопалива немає; однак орієнтовні значення якісних показників представлені в ISO 17225-1. Форма у макухи гранульована і з неї можна легко виробляти паливні гранули. Макуха вже досить щільна (600 – 650 кг/м³), тому її переробка у паливні гранули потрібна не стільки для зменшення витрат на транспортування такої біомаси, а скоріше може бути варіантом покращення паливоподачі або мінімізації втрат.

Вологість макухи після процесу екстракції становить близько 20 %, але потім вона сушиться природним способом, і зазвичай її можна знайти з меншою вологістю (близько 15 %).

Паливні характеристики оливкової макухи, які слід враховувати, це висока зольність – у 10 разів вище, ніж у деревних гранул або оливкових кісточок, та високий вміст азоту, сірки та хлору. У **табл. 2** представлено типові характеристики відпрацьованої оливкової макухи як твердого біопалива. ЄС встановлює максимум 3% вмісту олії при торгівлі оливковою макухою для біоенергетичних цілей, більший вміст передбачає податок, оскільки вважається, що її необхідно використовувати для годування тварин. Національні закони можуть регулювати максимальний вміст залишкової олії в макусі.

Завдяки цим характеристикам оливкова макуха є твердим біопаливом, що краще підходить для промислових цілей. Таким чином, для її використання потрібне обладнання, здатне впоратися з високим вмістом золи, а в простих побутових системах опалення може створити для користувача незручну практику. Оскільки

ПОКАЗНИК	ТИПОВИЙ ДІАПАЗОН	ТИПОВЕ ЗНАЧЕННЯ	РОЗМІРНІСТЬ
Вологість	12 – 18	15	мас. % a.r.
Зольність	5 – 10	7,2	мас. % d.b.
НТЗ	15,0 – 16,2	15,7	МДж/кг (a.r.)
Вміст олії	< 2	1,3	мас. % a.r.
Щільність	600 – 650		кг/м ³
Азот	1,0 – 2,0	1,2	мас. % d.b.
Сірка	0,07 – 0,15	0,08	мас. % d.b.
Хлор	0,12 – 0,40	0,2	w-% d.b.

Таблиця 2

Типові значення показників для оливкової макухи.

Джерело: AVEBIOM, власні дані

користувачеві доведеться витратити зусилля на видалення золи в невеликих опалювальних приладах без автоматизованої системи очищення.

Крім того, інші параметри, такі як дрібні частки, азот або хлор, ускладнюють використання макухи в побутових опалювальних пристроях через викиди, корозію металевих елементів обладнання тощо. Більшість оливкової макухи використовується для промислових установок (споживання для власних потреб на оліє-екстракційних підприємствах, цегельних заводах, цементних печах, як паливо для сумісного спалювання на вугільних електростанціях або як спеціальне паливо для електростанцій на біомасі тощо). Однак у деяких регіонах певна кількість такої біомаси все ще спалюється в застарілих опалювальних пристроях домогосподарств, оскільки оливкова макуха має дуже конкурентоспроможну ціну порівняно з більшістю викопних або біомасових альтернатив.



ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ

УСТАНОВКА ГАЗИФІКАЦІЇ СУХИХ ОЛИВКОВИХ ВИЧАВКІВ У ACEITES GUADALENTÍN

Для оливкових оліє-пресових підприємств обробка великої кількості оливкових вичавків, які вони отримують у вигляді залишків, є головною проблемою, яка вимагає екологічно сталого та економічно доцільного управління. У районах зі значними обсягами виробництва оливкової олії оливкові вичавки, зазвичай, постачаються на оліє-екстракційні заводи, які здійснюють хімічне вилучення сирової оливкової олії з вичавків. Однак, оліє-пресові підприємства в районах, де немає оліє-екстракційних заводів, повинні знайти альтернативні методи поводження з оливковими вичавками.

У багатьох регіонах відносини між оліє-пресовими підприємствами та оліє-екстракційними заводами з переробки оливкових вичавків зазнали змін за останні роки. Перехід на двофазне виробництво оливкової олії призводить до виробництва більш вологих оливкових вичавків із вмістом води, що часто перевищує 70 % (порівняно з приблизно 55 % у трифазній системі). Деякі оливкові підприємства здійснюють виділення оливкових кісточок як окремої фракції, а інші здійснюють вторинну механічну екстракцію оливкової олії («repaso»). Це змінює заводи з переробки оливкових вичавків, які мають додатково інвестувати у лагуни для зберігання вичавків та збільшувати витрати на їх переробку, особливо на електроенергію, яка у разі низької ціни на оливкову олію (основний продукт) та оливкову макуху (основний побічний продукт), створює значний економічний стрес. Така ситуація призвела до нестабільних та складних умов для оліє-екстракційних заводів, а також створила більшу напруженість між двома типами підприємств оліє-добувної промисловості, хоча вони, врешті-решт, змушені

співіснувати й розуміти один одного, оскільки обидва є основними у ланцюгу створення цінності оливкової олії.

Вищезазначене пов'язано із проектом, який просуває сімейна компанія Aceites Guadalentín S.L., розташована у Посо-Алькон (провінція Хаен). Цей виробник оливкової олії (оліє-пресове виробництво) управляє лагуною alpeorujo (оливкових вичавків) потужністю близько 65 тис. т, як для власного виробництва, так і для обсягів, вироблених сусідніми підприємствами. Управління цією лагуною потребує значних витрат, серед іншого, зокрема, через його віддалене розташування до підприємств переробки оливкових вичавків. Компанія, яка переробляла вологу оливкову вичавку для отримання олії («repaso», 2-а механічна екстракція), споживала значні обсяги електроенергії та виробляла сухі оливкові вичавки (вологістю < 15 %, вміст залишкової олії близько 1,5 %), які у подальшому не використовуються для хімічної екстракції.

Започаткування проекту почалося з наміру Aceites Guadalentín змінити поточну практику, перетворивши існуючу лінійну практику на циркулярну економіку, а також змінити поточні проблеми на можливість нових доходів та заощаджень із набагато кращими екологічними показниками.

Основою проекту є новий газифікатор для оливкової макухи або сухих оливкових вичавків. Газифікатор споживає близько 970 кг/год висушених оливкових вичавків, виробляючи 2615 кг/год синтез-газу (з нижчою теплотворною здатністю (NCV) близько 5,6 МДж/Нм³) і 146 кг/год біовугілля (з вмістом вуглецю близько 66,58 %).

Синтез-газ спалюється в когенераційних установках із сумарною електричною потужністю 1 МВт (2 x 500 кВт), при цьому доступно 1,88 МВт



теплової енергії (від охолодження та вихлопних газів) – загальний ККД системи становить близько 62,5 %. Електроенергія використовується для власного споживання для заміни електрики, виробленої електрогенератором на мазуті, а тепло застосовується для сушіння та інших внутрішніх потреб.

Установка почала працювати в грудні 2021 р. Загальна сума інвестицій становить 3 млн євро (включаючи будівельні роботи), 40% з яких забезпечило Андалузьке енергетичне агентство. Система дозволяє заощадити близько 200 тис. л мазути на рік, який раніше використовувався для автономного виробництва електроенергії. Додатковий прибуток отримують від продажу на ринку оливкових кісточок, відокремлених від оливкових вичавків (теплова енергія від

газифікатора замінює теплову енергію котла з оливкових кісточок, що використовується в процесі «repaso»); для реалізації виробництва чистих оливкових кісточок Aceites Guadalentín впровадить систему їх очищення та сушіння. Додатковий прибуток можна отримати від переробки біовугілля (наприклад, для виробництва з нього покращувачів ґрунту), крім цього в майбутньому може бути реалізована установка виробництва водню. Система газифікації призводить до різкого скорочення викидів CO₂, а також до зменшення викидів пилю, які б утворилися від спалювання оливкової макухи.

Систему, яку використовує Aceites Guadalentín, можна реалізувати і на інших оливкових підприємствах, більших і менших розмірів,

оскільки процеси газифікації та когенераційні установки можуть бути різних розмірів або застосовуватися як модулі. Модель також може бути застосована на заводах із переробки оливкових вичавків у олію, які в подальшому могли б споживати вироблену оливкову макуху для газифікації. Такий тип установки може змінити ситуацію для промисловості оливкової олії та сприяти значному зменшенню її викидів. Очікування високі, і численні управлінці, політики та видобувні компанії з нетерпінням чекають еволюції та стабільної роботи цієї унікальної пілотної установки.

Рис. 13

Лагуна alреоріу
(Джерело: AVEBIOM)

Рис. 14

Установка
газифікації оливкової
макухи (4 MBmm
та 1 MBme).
(Джерело: AVEBIOM)





VIOPAR S.A. - НАЙБІЛЬША І НОВІТНЯ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ НА БІОМАСІ В ГРЕЦІЇ

Електростанція на біомасі VIOPAR S.A. із встановленої потужністю 5 МВт на даний момент є найбільшою та найсучаснішою подібною установкою, що працює у Греції. Основними віхами в історії компанії були завершення процедури ліцензування в 2016 році, її приєднання до Ravago Group в 2017 році та початок будівництва заводу в 2018 році. Після завершення будівництва в 2019 році, повноцінна експлуатація ТЕС розпочалася в 2020 році.

Завод розташований у 2-й промисловій зоні Волоса, безпосередньо поруч із портом (17 км) і сільськогосподарськими районами Фессалії (близько 30 км), що забезпечує гнучкість у використанні як вітчизняного, так і імпортованого палива з біомаси. Завод має ліцензію на використання в якості палива відпрацьованої оливкової макухи, гранул з лушпиння соняшнику або залишків від очищення бавовни. Річна витрата палива становить близько 38 тис. т.

На даний момент на заводі використовується переважно оливкова макуха двох основних сортів: «звичайна», яка має більш типовий розподіл розмірів, і «порошок», який є більш дрібним матеріалом, що складніше обробляти звичайними

системами спалювання. VIOPAR використовує рухому колосникову решітку разом із окремою пневматичною системою впорскування порошкового палива. На заводі використовується технологія органічного циклу Ренкіна (ORC), яка забезпечує численні переваги (мінімізація споживання води, уникнення порушень зору), а також повністю обладнана заходами проти забруднення (електростатичний фільтр, заходи проти SOx та NOx), що забезпечують викиди в граничнодопустимих межах, встановлених Директивами ЄС.

Експлуатація заводу також дає численні переваги для місцевої економіки: 7 постійних робочих місць для експлуатації заводу, 120 осіб, зайнятих під час будівництва, 200 тис. євро на рік внесків до місцевого муніципалітету, понад 230 тис. євро на рік прибутку до порту Волос і щонайменше 200 тис. євро на рік місцевим постачальникам (транспортери, бригади технічного обслуговування, постачальники витратних матеріалів тощо). VIOPAR також бере активну участь у науково-дослідних роботах, шукаючи шляхи подачі відпрацьованої теплової енергії від свого виробництва до місцевих мереж централізованого теплопостачання або для переробки залишків золи від згоряння біопалива.



Рис. 15 та 16 Аерофотознімок електростанції на біомасі 5 МВт компанії та топка
(Джерело: VIOPAR).



КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ ЕФЕКТИВНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ОЛИВКОВОЇ МАКУХИ

Використання оливкової макухи для опалення можливе, особливо в промислових цілях. Це більш складне паливо, тому для його належного використання як твердого біопалива ключовими аспектами є:

ЯКІСТЬ. Хоча оливкова макуха є промисловим паливом, існують певні параметри, які необхідно контролювати:

ВОЛОГІСТЬ / ТЕМПЕРАТУРА: відразу після екстракційного обладнання макуха може мати вищий вміст вологи, який з часом, транспортуванням і переміщенням знижується до свого середнього типового значення 15%, але зазвичай вона зберігається у відкритих складах без будь-якого захисту від опадів. Волога може викликати проблеми в котлах, а також у логістиці та зберіганні. Високий вміст вологи може призвести до проблеми самозаймання.

ТЕМПЕРАТУРА: Важливо стежити за температурою, оскільки в сховищах може статися самозаймання, якщо вологість досить висока і збільшується при високій зовнішній температурі. Необхідно стежити за складеними купами та вжити заходів у разі підвищення температури (навколишньої та у купі). Необхідно провести належний огляд, відкривши купу; візуального огляду поверхні недостатньо, оскільки самозаймання зазвичай починається всередині.

ХЛОР: Оливкова макуха вже, природно, має досить високий вміст хлору. Іноді до неї можуть потрапити деякі подібні види біомаси, як-от залишки виробництва столових оливок, і через технологічні процеси, які вони проходять (тобто додавання солі та інших добавок), вміст хлору може ще збільшитись. Це має наслідки для системи спалювання (корозії) та викидів (HCl). Матеріали котла повинні бути достатньо стійкими, щоб не піддаватися впливу цієї біомаси та уникати корозії.

ЗОЛА: Зольність оливкової макухи сама по собі досить висока. Оливкова макуха може бути змішана з фракціями біомаси ще гірших параметрів якості або забруднена стороннім інертним матеріалом (пісок, ґрунт, каміння), що ще більше збільшує загальний вміст золи. Враховуючи також склад золи (наприклад, підвищену концентрацію лугів), існує кілька наслідків для роботи будь-якої системи спалювання: збільшення частоти очищення, зашлакованість, більші викиди часток тощо. Використовуючи оливкову макуху як паливо, слід звернути увагу на ці параметри.

З огляду на таку промислову якість оливкової макухи та відносно високий вміст азоту, хлору, золи тощо, необхідно запровадити **ВІДПОВІДНІ ТЕХНОЛОГІЇ** (фільтри, впорскування сечовини,...) для оптимального спалювання, щоб уникнути перевищення граничних значень викидів, передбачених законодавством (HCl, тверді частки, NOx).





Суха шкаралупа горіхів

ОПИС

Шкаралупу горіхів можна використовувати як біомасу для енергетичних цілей. Плоди горіхів транспортуються на агропромислові підприємства, де ядро горіха відокремлюється від шкаралупи. Як правило, відокремлена шкаралупа зберігається та продається локально як джерело енергії. Шкаралупа виробляється у великих обсягах за короткий проміжок часу через достатньо швидкий термін обробки горіхів, і тому, потрібні великі площі для зберігання даної біомаси.

Подрібнення — це основний процес, який використовується для відділення ядра горіха від шкаралупи. Отримані шкаралупи становлять неоднорідні за розміром фракції. Задля перетворення цих оболонок у стандартизоване тверде біопаливо, та покращення його подачі та спалювання в енергетичних установках, деякі операції для покращення якості біомаси є рекомендованими, а саме: подрібнення на менші фракції та просіювання для видалення дрібних частинок (< 2 мм) та отримання частинок однорідного розміру.

Природна вологість шкаралупи після подрібнення є прийнятно низькою для організації правильного горіння. Однак, оскільки шкаралупу часто зберігають на відкритих майданчиках без накриття з вищезазначених причин, вміст вологи може бути вищим.

В Іспанії існує стандарт якості для сухої горіхової шкаралупи (UNE 164004:2014), який включає шкаралупу кедрових горіхів, мигдалю, лісових горіхів та подрібнені соснові шишки. Цей стандарт був розроблений іспанським комітетом CTN-164, в основному з використанням даних проєкту BIOmasud. Наразі стандарт перебуває на стадії перегляду і, крім деяких незначних змін у граничних значеннях, основною відмінністю є включення шкаралупи фісташок і волоського горіха. Очікується, що редакція, яка перебуває на завершальній стадії погодження, буде опублікована протягом 2022 р.

Існує багато видів біомаси сухих плодів, проте деякі сорти частіше використовуються як тверде біопаливо через традиційність або простоту використання.



ШКАРАЛУПА МИГДАЛЮ

є одною з найбільш часто використовуваних видів біомаси для отримання енергії. Вимоги до її якості охоплені іспанським стандартом UNE 164004 і схемою сертифікації BIOmasud®. Шкаралупа мигдалю може становити приблизно від 62 до 78% ваги всього плоду мигдалю, залежно від сорту. Для оцінок на **рис. 27** було враховано середнє значення 70%.

Рис. 17

Шкаралупа мигдалю отримана після виділення ядра.
Джерело: AVEBIOM



Рис. 18

Розмелена мигдальна шкаралупа
Джерело: AVEBIOM



ШКАРАЛУПА КЕДРОВИХ ГОРІХІВ

Це один із видів твердого біопалива, який найчастіше використовується для отримання енергії. Вимоги до якості такої шкаралупи також регламентуються іспанським стандартом UNE 164004 і схемою сертифікації BIOmasud®.

Щодо масового балансу, то вологість шишок достатньо висока (32–38%), і їх сушать в процесі отримання кедрових горіхів. У 100 кг соснових шишок міститься близько 5–20 кг кедрових горіхів зі шкаралупою. З цих 5–20 кг приблизно 25% складає безпосередньо горіх, а решта – шкаралупа.

На жаль, виробництво кедрових горіхів різко скоротилося з 2013 року, в основному в Іспанії, але також і в Португалії. Обидві країни серйозно постраждали від шкідливої дії певної комахи (*Leptoglossus occidentalis*), яка вражає соснові



Рис. 19

Шкаралупа кедрових горіхів.
Джерело: AVEBIOM

шишки, висмоктуючи їх, що призводить до їх висихання. До 2013 року з 1 т соснових шишок (не сушених) отримували близько 200 кг кедрових горіхів зі шкаралупою; з 2014 року отримують лише близько 80 кг. Як наслідок, в останні роки іспанські компанії закуповують та переробляють більшість португальських шишок (80–90 %) (і, отже, всі отримана шкаралупа залишається в Іспанії).



ПОДРІБНЕНІ СОСНОВІ ШИШКИ

Не представляють собою горіх, а є плодом, що містить горіхи. Із 100 кг соснових шишок після їх сушіння отримується приблизно 48–57 кг подрібнених соснових шишок.



Рис. 21 та 22

Рис. 21 та 22:
Подрібнені соснові
шишки: ціла соснова
шишка та луска соснових
шишок. Джерело: AVEBIOM



Зазвичай їх подрібнюють, а іноді використовують у суміші з шкаралупою кедрових горіхів, оскільки вони покращують процес горіння. Іноді центр шишки видаляють, а в якості палива використовують тільки луску. Цей тип твердого біопалива охоплюється іспанським стандартом UNE 164004 і схемою сертифікації BIOmasud®.

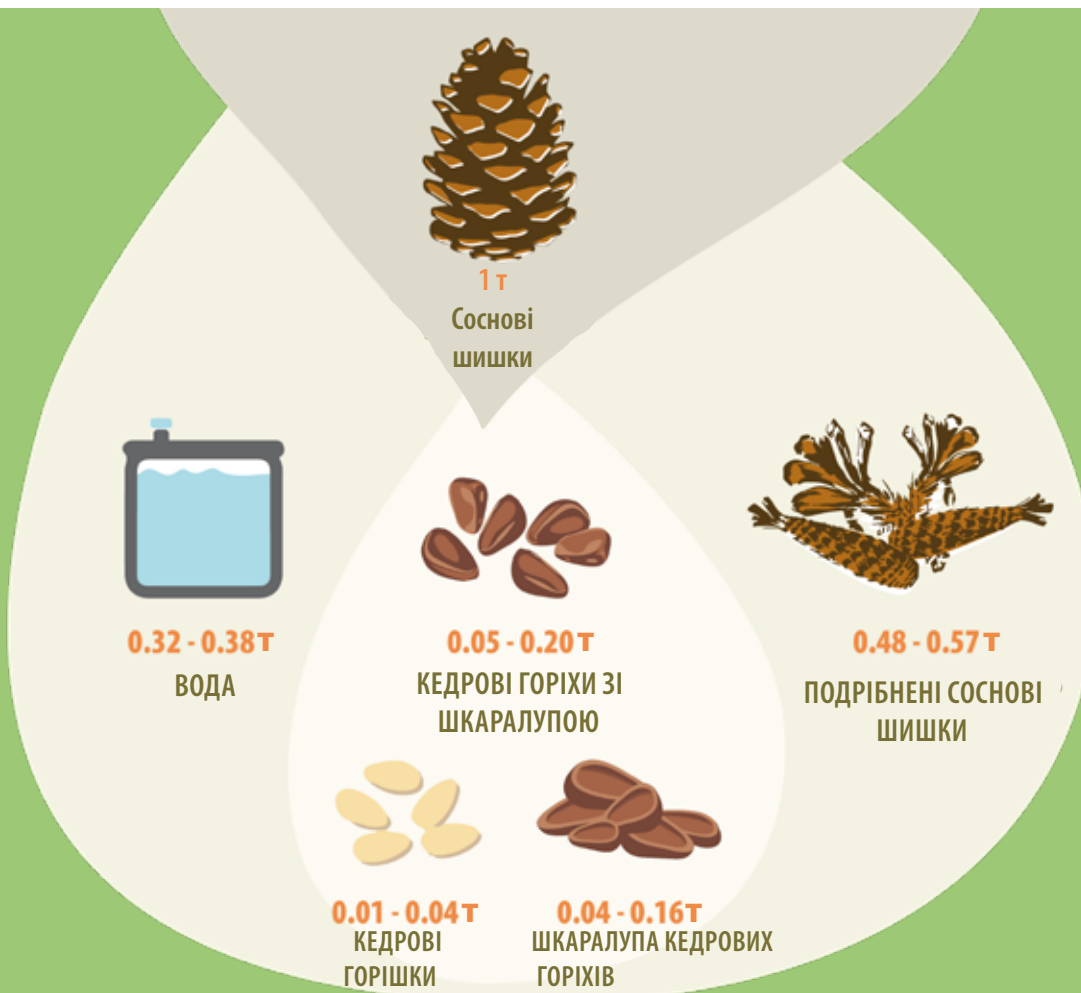


Рис. 20

Масовий баланс
шкаралупи кедрових
горіхів і залишків
соснових шишок.
Джерело: AVEBIOM



ШКАРАЛУПА ФУНДУКА

Цю біомасу охоплює іспанський стандарт UNE 164004 і схема сертифікації BIOmasud®. Шкаралупа фундука може становити приблизно від 53 до 55% ваги цілого плоду лісового горіха, залежно від сорту. У таблиці 6 для оцінки було враховано середнє значення 54 %.

ШКАРАЛУПА ФІСТАШОК

не охоплена іспанським стандартом UNE 164004, але була вивчена в проєкті Biomassud Plus, і в даний час триває включення цього виду біомаси до стандарту (затвердження оновленого стандарту передбачається протягом 2022 року). Проте шкаралупа фісташок уже підпадає під дію схеми сертифікації BIOmasud®. Фісташки без шкаралупи становлять 50–60% цілих плодів (сушених і без лушпиння), тому частка шкаралупи знаходиться в межах 40–50%.



Рис. 23

Шкаралупа фундука. Джерело: AVEBIOM

Рис. 24

Шкаралупа фісташок. Джерело: CIEMAT

Рис. 25

Шкаралупа волоських горіхів. Джерело: CIEMAT

ШКАРАЛУПА ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ

не охоплена іспанським стандартом UNE 164004, але була вивчена в проєкті Biomassud Plus. Триває процес включення даного виду біомаси до стандарту (затвердження оновленого стандарту передбачається протягом 2022 року). Ця біомаса охоплена схемою сертифікації BIOmasud®. Горіхи без шкаралупи становлять 45-55% всього плоду. Для оцінок на графіку нижче враховано середнє значення 50% (див. **таблицю 8**).



ПОТЕНЦІАЛ ТА ЙОГО РОЗПОДІЛЕННЯ В КРАЇНАХ ЄВРОПИ

Виробництво сухої шкаралупи напряду пов'язано з територіями вирощування відповідних горіхових дерев. У статистичних даних відображається лише інформація про горіхові плантації, а не про шкаралупу, тому для оцінки виробництва шкаралупи використовується співвідношення між

вагою з шкаралупою та без неї. Це співвідношення залежить від умов року та сорту рослини. На наступних сторінках наведено короткий огляд виробництва та розподілення основних видів сухої горіхової шкаралупи в країнах Європейського Союзу, що використовується для біоенергетики

ШКАРАЛУПА МИГДАЛЮ

Іспанія є лідером у виробництві мигдалю в Європі та посідає друге місце за виробництвом у світі. Займаючи друге місце Іспанія значно поступається у обсягах виробництва першому місцю: США (Іспанія виробляє приблизно в 10 разів менше, ніж США). У Європі другим виробником мигдалю є Туреччина, за нею йдуть кілька середземноморських країн.

ОЦІНКА ВИРОБНИЦТВА ШКАРАЛУПИ МИГДАЛЮ (т/рік)

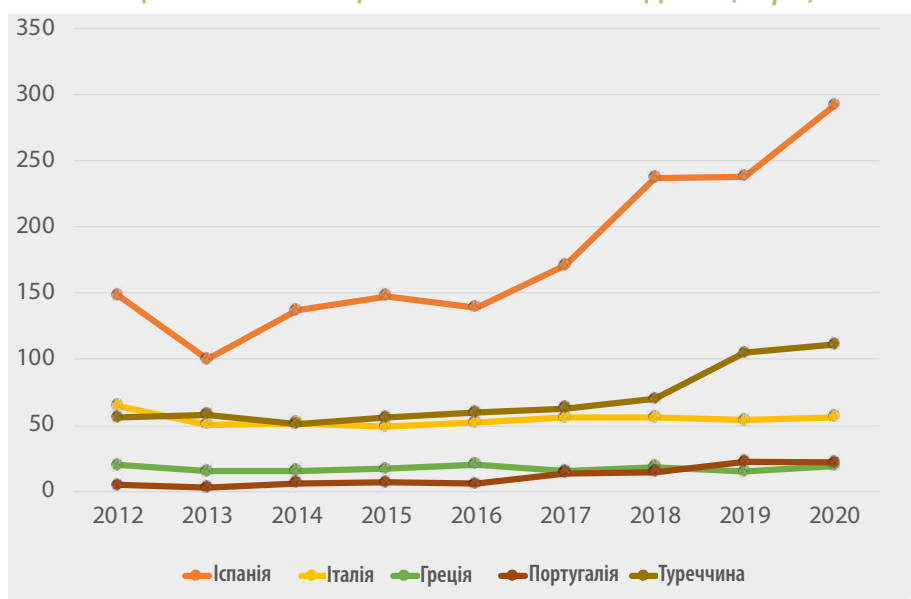


Рис. 26

Виробництво **шкаралупи мигдалю** за країнами у тонах на рік. (Джерело: AVEBIOM за даними Eurostat)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Іспанія	148.218	100.156	136.990	147.756	139.139	170.716	237.321	238.294	291.865
Італія	64.785	50.806	51.814	49.280	52.206	55.720	55.860	54.110	56.364
Греція	20.293	15.414	15.946	17.157	20.426	15.498	18.697	15.365	19.768
Португалія	5.026	3.115	6.321	7.063	6.097	14.098	15.148	22.610	22.127
Туреччина	56.000	58.100	51.100	56.000	59.500	63.000	70.000	105.000	111.300

Таблиця 3

Виробництво шкаралупи мигдалю в країнах Європи у тонах на рік. (Джерело: AVEBIOM за даними Eurostat).



ШКАРАЛУПА КЕДРОВИХ ГОРІХІВ ТА ПОДРІБНЕНІ СОСНОВІ ШИШКИ

У світі існує багато видів сосни з їстівними горіхами, проте в Європі їх досить мало, і найважливішим є *Pinus Pinea* через їх кулінарну цінність і виробництво, яке переважно зосереджено в країнах Середземномор'я. Португалія та Іспанія мають приблизно 500 тис. га *Pinus Pinea*, що становить 75% світових площ цього виду, який також присутній в інших країнах Середземноморського басейну.

Річний урожай кедрових горіхів/шишок має значні коливання через те, що даний вид має періодичне плодоношення і дуже чутливий до впливу кліматичних факторів, головним чином до сильної та тривалої посухи. Крім того, як згадувалося раніше, з 2013 року виробництво в Іспанії та Португалії серйозно постраждало через *Leptoglossus occidentalis*.

ОЦІНКА ВИРОБНИЦТВА ШКАРАЛУПИ КЕДРОВИХ ГОРІХІВ (т/рік)

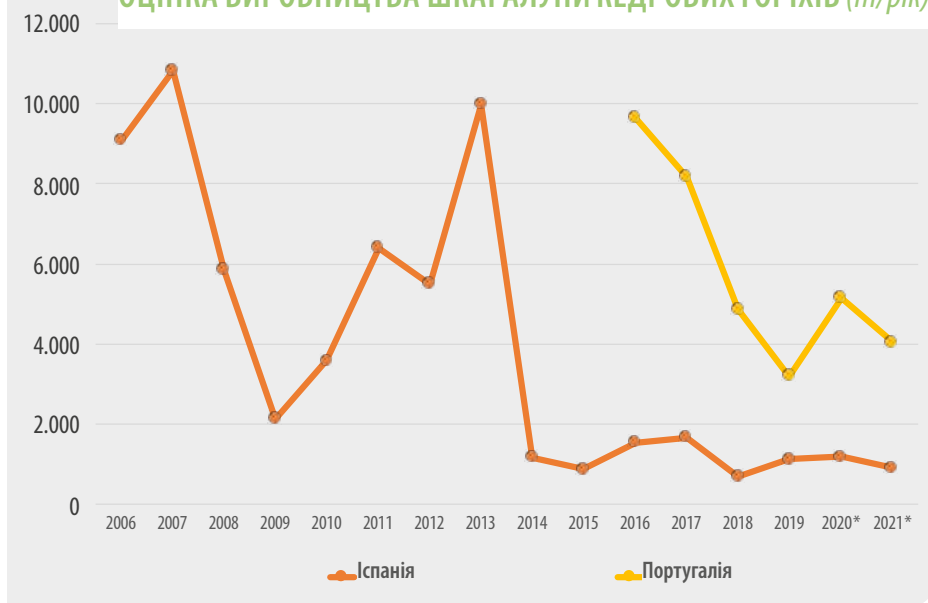


Рис. 27

Виробництво **шкаралупи кедрових горіхів** за країнами в тонах на рік. (Джерело: AVEBIOM за даними MITECO (Іспанія) та ICNF (Португалія)). (* оцінка)

ОЦІНКА ВИРОБНИЦТВА ПОДРІБНЕНИХ СОСНОВИХ ШИШОК (т/рік)

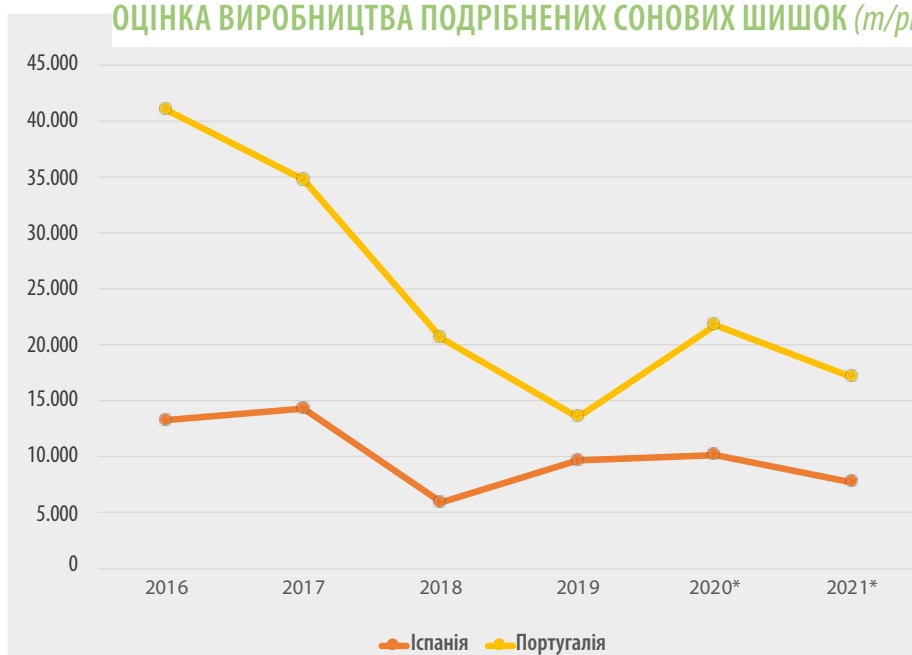


Рис. 28

Виробництво **соснових шишок** за країнами в тонах на рік. (Джерело: AVEBIOM за даними MITECO (Іспанія) та ICNF (Португалія)). (* оцінка)



РІК	ІСПАНІЯ	ПОРТУГАЛІЯ
2006	9.076	
2007	10.828	
2008	5.843	
2009	2.126	
2010	3.588	
2011	6.407	
2012	5.502	
2013	9.985	
2014	1.163	
2015	864	
2016	1.537	9.648
2017	1.660	8.170
2018	689	4.855
2019	1.121	3.186
2020*	1.184	5.157
2021*	896	4.043

Таблиця 4

Річний теоретичний потенціал **шкаралупи кедрових горіхів** (у тонах) за країнами (Джерело: AVEBIOM за даними MITECO (Іспанія) та ICNF (Португалія)). (* оцінка)

РІК	ІСПАНІЯ	ПОРТУГАЛІЯ
2016	13.255	41.002
2017	14.318	34.723
2018	5.941	20.635
2019	9.667	13.539
2020*	10.212	21.791
2021*	7.728	17.182

Таблиця 5

Річний теоретичний потенціал подрібнених **соснових шишок** (у тонах) за країнами. (Джерело: AVEBIOM за даними MITECO (Іспанія) та ICNF (Португалія)). (* оцінка)

**Рис. 29**

Шкаралупа кедрових горіхів. Джерело: Biomassas Herrero



ШКАРАЛУПА ФУНДУКА

Туреччина є найбільшим виробником фундука в Європі та світі. Другим світовим виробником є Італія. Багато країн мають невелике виробництво від 3000 до 10000 т плодів, зокрема, Іспанія, Франція та Польща.

Таблиця 6

Річний теоретичний потенціал

шкаралуи фундука (у тонах) за країнами.

Джерело: AVEBIOM за даними Eurostat

РІК	ІСПАНІЯ	ФРАНЦІЯ	ІТАЛІЯ	ПОЛЬЩА	ТУРЕЧЧИНА
2012	7.906	5.416	58.671	2.268	356.400
2013	8.262	4.374	60.831	2.754	296.460
2014	7.312	5.967	40.748	2.970	222.480
2015	6.167	4.806	54.886	2.916	348.840
2016	5.135	6.907	65.108	2.986	226.800
2017	5.665	6.512	70.891	2.500	364.500
2018	4.336	8.456	71.658	3.586	278.100
2019	6.680	6.296	53.206	2.938	419.040
2020	2.943	5.233	75.902	4.104	359.100

ШКАРАЛУПА ФІСТАШОК

У Європі найбільше виробництво фісташок розташовано в країнах Середземноморського басейну, недарма ця рослина була відома ще за часів Римської імперії. Площа вирощування залишалася більш-менш стабільною до першої декади 2000 р. З тих пір її виробництво поступово розширювалося за рахунок модернізації та інтенсивного вирощування. Основними країнами, які виробляють фісташки, є Туреччина, Греція, Італія, а кілька років тому і Іспанія, де її вирощування розпочалося нещодавно. США є світовим лідером з виробництва фісташок, за ними йдуть Китай та Іран.

РІК	ІСПАНІЯ	ГРЕЦІЯ	ІТАЛІЯ	ТУРЕЧЧИНА
2012	1.206	3.598	424	67.500
2013	1.120	3.205	1.452	39.870
2014	1.182	3.855	1.600	36.000
2015	1.170	4.385	1.741	64.800
2016	2.528	5.069	1.642	76.500
2017	3.395	5.326	1.743	35.100
2018	н.д.	н.д.	н.д.	108.000
2019	н.д.	н.д.	н.д.	38.250

Таблиця 7

Річний теоретичний потенціал **шкаралуи фісташок** (у тонах) за країнами. Джерело: AVEBIOM за даними FAO.

ШКАРАЛУПА ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ

Туреччина є найбільшим виробником у Європі та 4-м у світі після Китаю, США та Ірану. У Європі виробництво волоських горіхів становить невелику частку і в основному розташовано в Румунії, Франції, Греції, Іспанії та Італії.

РІК	ГРЕЦІЯ	ІСПАНІЯ	ФРАНЦІЯ	ІТАЛІЯ	РУМУНІЯ	ТУРЕЧЧИНА
2012	12.105	6.820	18.040	н.д.	14.195	101.500
2013	12.615	7.125	17.755	н.д.	14.785	106.000
2014	11.205	7.795	17.385	н.д.	14.685	90.500
2015	12.610	7.160	21.140	н.д.	15.660	95.000
2016	14.025	7.460	20.235	6.080	15.970	97.500
2017	13.960	7.870	16.520	6.075	21.860	105.000
2018	15.930	7.590	18.845	6.225	27.000	107.500
2019	15.520	8.770	17.475	5.400	24.790	112.500
2020	18.200	8.555	17.850	7.745	24.175	143.500

Таблиця 8

Річний теоретичний потенціал **шкаралуи волоського горіха** (у тонах) за країнами. Джерело: AVEBIOM за даними Eurostat



ОЦІНКА ВИРОБНИЦТВА ШКАРАЛУПИ ФУНДУКА (т/рік)

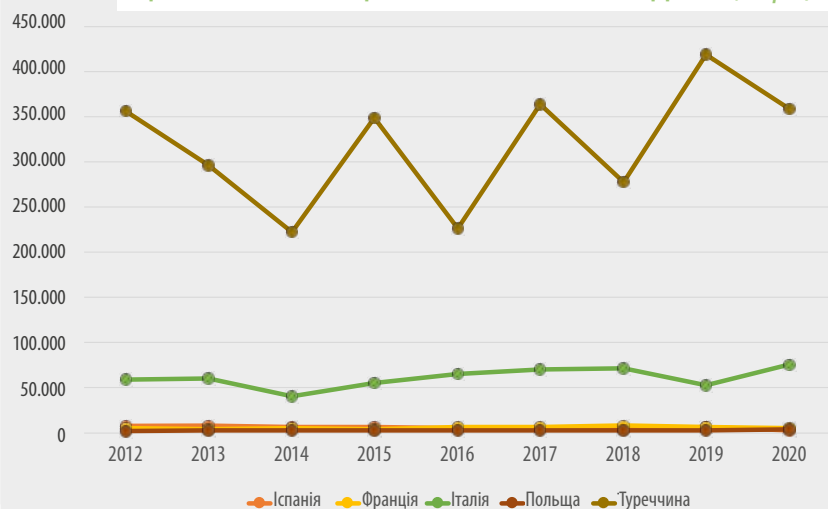


Рис. 30

Виробництво **шкаралупи фундука** по країнах у тоннах на рік. Підготовлено AVEBIOM за даними Eurostat.

ОЦІНКА ВИРОБНИЦТВА ФІСТАШКОВОЇ ШКАРАЛУПИ (т/рік)

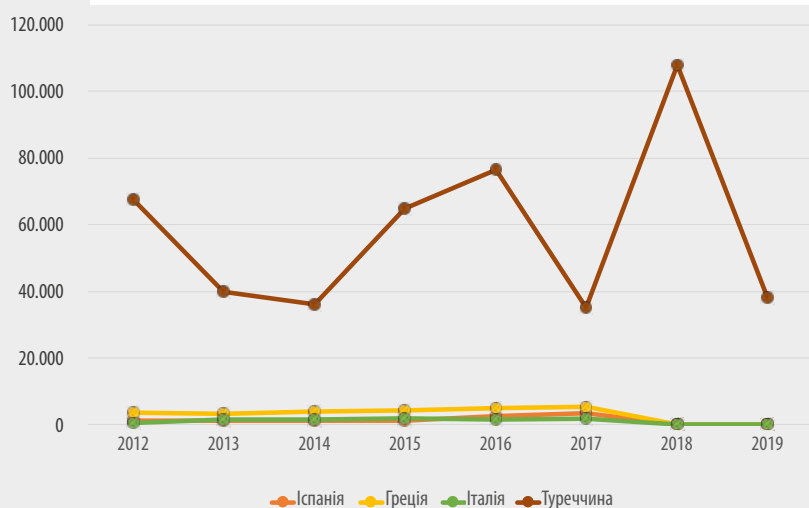


Рис. 31

Виробництво **шкаралупи фісташок** по країнах у тоннах на рік. Джерело: AVEBIOM за даними FAO.

ОЦІНКА ВИРОБНИЦТВА ШКАРАЛУПИ ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ (т/рік)

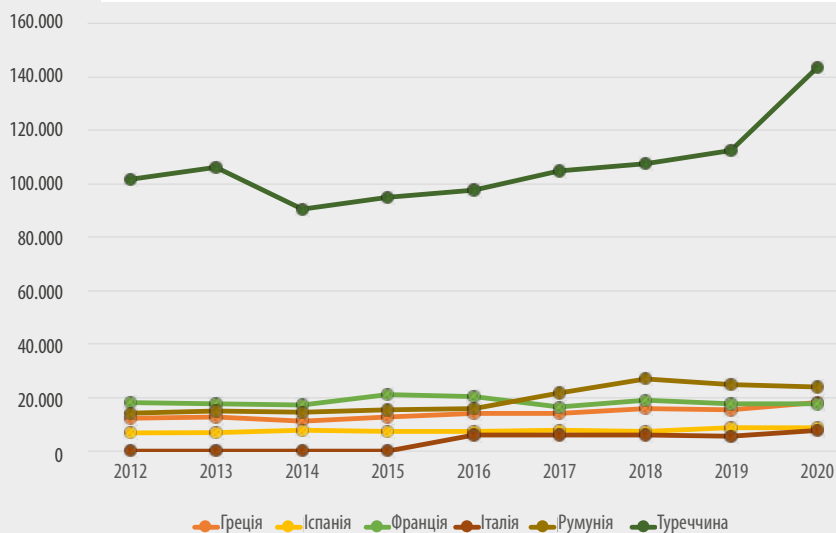


Рис. 32

Виробництво **шкаралупи волоських горіхів** по країнах у тоннах на рік. Джерело: AVEBIOM за даними Eurostat.



ХАРАКТЕРИСТИКИ: ДЕ І ЯК УТИЛІЗУЄТЬСЯ ШКАРАЛУПА?

Зазвичай шкаралупа горіхів використовується локально на фермах, у теплицях та інших подібних об'єктах, безпосередньо, без будь-якого процесу покращення її якості. Однак, як було зазначено раніше, якщо її мінімально обробити для гомогенізації розміру частинок (шляхом просіювання дрібних частинок і подрібнення для видалення більших частин), то можна отримати тверде біопаливо хорошої якості, яке підходить навіть для невеликих опалювальних пристроїв. Вміст вологи не повинен бути високим за умови зберігання в хороших умовах. Проте, часто агропромислові підприємства, де утворюється побічна продукція, не можуть забезпечити відповідні умови зберігання, через одночасне утворення великої кількості даної біомаси. Тому, залишок зазвичай зберігається на

відкритих майданчиках, що є причиною наявності недостатньо сухої шкаралупи на ринку.

У деяких регіонах існувало традиційне використання шкаралупи горіхів через великі обсяги утворення цієї біомаси. Наприклад, шкаралупа кедрових горіхів / подрібнених соснових шишок традиційно наявна у районі Вальядолід / Сеговія (Іспанія), де сконцентровано велику кількість об'єктів з виробництва кедрових горіхів та отже, утворюється побічний продукт. На жаль, котли чи печі не завжди використовують найсучасніші технології, тому, задля покращення ефективності та зменшення викидів необхідно сприяти їхній модернізації. З іншого боку, завдяки традиційному використанню, люди добре знають можливості палива і вони навіть традиційно

Таблиця 9

Межі основних параметрів сухої шкаралупи відповідно до системи сертифікації BIOmasud®

ПАРАМЕТРИ	МАТЕРІАЛ	КЛАСИ ЯКОСТІ			РОЗМІРНІСТЬ
		A1	A2	B	
ВОЛОГІСТЬ		≤ 12	≤ 12	≤ 16	мас. % a.r.
ЗОЛЬНІСТЬ					
	Шкаралупа мигдалю	≤ 0,7	≤ 1,6	≤ 2,0	мас. % d.b
	Шкаралупа фундука	≤ 0,7	≤ 1,6	≤ 2,0	мас. % d.b
	Шкар. кедрових горіхів	≤ 0,7	≤ 1,5	≤ 2,0	мас. % d.b
	Шкаралупа фісташок	≤ 0,7	≤ 1,6	≤ 2,0	мас. % d.b
	Шкар. волоських горіхів	≤ 0,7	≤ 1,6	≤ 2,0	мас. % d.b
	Подрібнені соснові шишки	≤ 0,8	≤ 1,1	≤ 1,5	мас. % d.b
ВМІСТ ОЛІЇ		≤ 0,6*	≤ 1,0*	≤ 1,5*	мас. % d.b.
МАЛІ ЧАСТИНКИ (< 2 мм)		< 2,0	< 2,0	< 4,0	мас. % a.r.
НИЖЧА ТЕПЛОТВОРНА ЗДАТНІСТЬ					
	Шкаралупа мигдалю	≥ 15,0	≥ 15,0	≥ 14,0	МДж/кг (a.r.)
	Шкаралупа фундука	≥ 15,0**	≥ 15,0**	≥ 14,0**	МДж/кг (a.r.)
	Шкар. кедрових горіхів	≥ 16,0	≥ 16,0	≥ 15,0	МДж/кг (a.r.)
	Шкаралупа фісташок	≥ 15,0	≥ 15,0	≥ 14,0	МДж/кг (a.r.)
	Шкар. волоських горіхів	≥ 16,0	≥ 16,0	≥ 15,0	МДж/кг (a.r.)
	Подрібнені соснові шишки	≥ 15,8	≥ 15,8	≥ 14,9	МДж/кг (a.r.)



ПАРАМЕТРИ	МАТЕРІАЛ	КЛАСИ ЯКОСТІ			РОЗМІРНІСТЬ
		A1	A2	B	
ЩІЛЬНІСТЬ					
	Шкаралупа мигдалю	≥ 450	≥ 300	≥ 270	кг/м³ (a.r.)
	Шкаралупа фундука	≥ 300	≥ 300	≥ 270	кг/м³ (a.r.)
	Шкар. кедрових горіхів	≥ 470	≥ 470	≥ 450	кг/м³ (a.r.)
	Шкаралупа фісташок	≥ 300	≥ 300	≥ 270	кг/м³ (a.r.)
	Шкар. волоських горіхів	≥ 250	≥ 200	≥ 200	кг/м³ (a.r.)
	Подрібнені соснові шишки	≥ 400	≥ 350	≥ 300	кг/м³ (a.r.)
АЗОТ					
	Шкаралупа мигдалю	≤ 0,4	≤ 0,6	≤ 0,8	мас. % d.b
	Шкаралупа фундука	≤ 0,4	≤ 0,6	≤ 0,8	мас.% d.b
	Шкар. кедрових горіхів	≤ 0,4	≤ 0,6	≤ 0,8	мас.% d.b
	Шкаралупа фісташок	≤ 0,4	≤ 0,6	≤ 0,8	мас.% d.b
	Шкар. волоських горіхів	≤ 0,4	≤ 0,6	≤ 0,8	мас.% d.b
	Подрібнені соснові шишки	≤ 0,3	≤ 0,4	≤ 0,6	мас. % d.b
СІРКА					
	Шкаралупа мигдалю	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,05	мас. % d.b.
	Шкаралупа фундука	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,05	мас. % d.b.
	Шкар. кедрових горіхів	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,05	мас. % d.b.
	Шкаралупа фісташок	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,05	мас. d.b.
	Шкар. волоських горіхів	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,05	мас. % d.b.
	Подрібнені соснові шишки	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,04	мас. % d.b.
ХЛОР					
	Шкаралупа мигдалю	≤ 0,02	≤ 0,03	≤ 0,04	мас. % d.b.
	Шкаралупа фундука	≤ 0,02	≤ 0,03	≤ 0,04	мас.% d.b.
	Шкар. кедрових горіхів	≤ 0,02	≤ 0,03	≤ 0,5	мас. % d.b.
	Шкаралупа фісташок	≤ 0,02	≤ 0,03	≤ 0,04	мас. % d.b.
	Шкар. волоських горіхів	≤ 0,02	≤ 0,03	≤ 0,04	мас. % d.b.
	Подрібнені соснові шишки	≤ 0,05	≤ 0,07	≤ 0,10	мас. % d.b.

Примітка: Іспанський стандарт UNE 164004 буде опублікований на початку 2022 року, і значення деяких показників можуть дещо відрізнятися. * Не застосовується до подрібнених соснових шишок.

використовують його змішаним (сумішеве паливо у вигляді комбінації шкаралупи кедрових горіхів та подрібнених соснових шишок має кращі характеристики для згорання).

Як видно з **таблиці 9**, різні види сухої шкаралупи горіхів мають досить схожі фізико-хімічні характеристики. Тому, після робіт, виконаних у

проекті Biomasud Plus та з метою стандартизації іспанського твердого біопалива всі показники якості були згруповані у стандарті (UNE 164004). Після перегляду у 2022 р. оновлений стандарт також згрупує багато спільних параметрів, за винятком таких як нижча теплотворна здатність та щільність, що мають більшу розбіжність.



ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ

ВИКОРИСТАННЯ ШКАРАЛУПИ МИГДАЛЮ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА ПАПРИКИ

Регіон Мурсія є одним з основних районів виробництва паприки в Іспанії. Зокрема, долина Гуадалентін виробляє близько 4 млн кг щороку. Розташований у містечку Тотана, кооператив Francisco Palao керує однією з найбільших сушарок для червоного перцю в Іспанії – у сезоні 2020 р. було перероблено близько 1200 т – переважно сортів «Бола» та «Американо», з яких виготовляється паприка із захищеним позначенням походження «Pimentón de Murcia». Сезонний характер діяльності, який триває з 25 серпня по 31 грудня, означає, що весь перець необхідно висушити за 4 місяці, що є дуже трудомістким та енергоємним процесом. Витрати на сушіння становлять значну частину витрат на виробництво. Сушильна установка кооперативу включає п'ять стрічкових сушарок, тепла енергія отримується від спалювання біомаси.

Нещодавно кооператив замінив свої старі пальники на біомасі на нову систему горизонтального згоряння потужністю 1,5 МВт, надану іспанським виробником Natural Fire. За оцінками кооперативу, завдяки новій системі енергоефективність підвищилася на 20-30%. Повітря в сушарці нагрівається до 90 °C завдяки спалюванню шкаралупи мигдалю. Перець надходить з вологістю близько 80%, а приблизно через п'ять годин перебування у сушарці виходить з вологістю 9-10%. Щорічне споживання шкаралупи мигдалю сушаркою становить близько 1500 т. Пальники та камеру згоряння необхідно очищувати один раз на тиждень.

Рис. 33

Фотографія в сушарці Кооперативу Francisco Palao: президент кооперативу Хуан Тудела, комерційний менеджер Natural Fire Педро Санчес і Перфекто Форте головний менеджер Natural Fire.



Рис. 34

Сушений перець





ВИКОРИСТАННЯ ШКАРАЛУПИ МИГДАЛЮ В ТЕПЛИЦІ ДЛЯ ДЕКОРАТИВНИХ КВІТІВ

Теплиця декоративних квітів Besgastriflor в Чехегін, Іспанія на площі один гектар виробляє за тиждень 10 тис. упаковок по 5 стебел свіжих ромашок.

Для досягнення температури 20 °C всередині теплиці через плантацію проходить труба з водою температурою 85 °C, розподіляючи теплову енергію. Вода нагрівається модернізованим котлом, який працював на мазуті, а зараз в ньому встановлено пальник на біомасі потужністю 1 МВт, наданий іспанським виробником Natural Fire.

У пальник подається шкаралупа мигдалю – дане тверде біопаливом у великій кількості поширене в цьому регіоні. Для покриття поточних потреб в енергії котел споживає від 1200 до 1400 кг шкаралупи мигдалю на добу. За словами керівника теплиці у разі використання дизельного палива або природного газу виробництво стало б

нерентабельним або забезпечило отримання незначного прибутку. При оптовій ціні шкаралупи мигдалю в 110–150 євро/т з доставкою, теплиці вдається заощадити близько 250 євро/день порівняно з мазутом (за ціною 0,8 євро/літр).

У планах компанії подвоїти площу теплиць, а згодом – ще збільшити на 17 тис. м². Для обслуговування цієї території буде встановлено новий котел, який вже є на її об'єктах, оснащений пальником на біомасі потужністю 2,5 МВт.

Котел і три насоси, які обслуговують різні сектори теплиці, регулюються автоматично, залежно від необхідної температури, і ними можна керувати дистанційно. Очищення котла та пальника проводиться вручну кожні 4-7 днів. Виробник наголошує, що регулярне технічне обслуговування обладнання необхідне для продовження терміну його служби.

Вартість установки такого типу – модернізація існуючого дизельного котла новим пальником на біомасі – може бути дуже конкурентоспроможним варіантом у порівнянні з встановленням нового котла на біомасі.



Рис. 35 та 36

(ліворуч) котел теплиці з пальником на біомасі 1 МВт (спереду) і ще один з пальником 2,5 МВт (позаду) та квіти в теплиці (праворуч)





КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ ЕФЕКТИВНОЇ ТИЛІЗАЦІЇ ШКАРАЛУПИ ГОРІХІВ

Як було зазначено раніше, підтримка низької **ВОЛОГОСТІ** даного палива є дуже важливою для забезпечення належного спалювання в котлах і пічках. Тому, задля уникнення зволоження біомаси під дією опадів, правильне зберігання є обов'язковим.

ГОМОГЕНІЗАЦІЯ також є ключовим фактором для гарного спалювання, в основному це забезпечення подрібнення на дрібну фракцію. Це також є необхідним для уникнення несправності та засмічення систем живлення через більші фракції.



Лушпиння соняшника

ОПИС

Соняшник вирощується в декількох частинах світу. Олійні сорти культури складають переважну більшість світового виробництва соняшнику. В середньому, вони містять близько 50% олії, 20% білка і в основному використовуються для виробництва рослинної олії. Залишки насіння після екстрагування олії – соняшковий шрот – є цінним кормом для тварин завдяки достатньо високому вмісту білка в ньому. Неолійні сорти (кондитерський соняшник) застосовуються, головним чином, для виробництва продуктів харчування і корму для птахів.

В обох видах соняшнику насіння покрито оболонкою, яка в олійних сортах, зазвичай, темного кольору (у деяких особливих – сірувата) і тісніше прилягає до ядра. Сорти неолійного соняшника мають оболонку світлішого кольору, більш вільно прикріплену до ядра. Частка лушпиння становить близько 20-30% від загальної маси насіння. Для використання як корма для худоби лушпиння містить занадто мало білка.

Присутність лушпиння під час віджимання соняшникової олії негативно позначається на якості як олії, так і шроту, оскільки збільшує концентрацію воску в першому і зменшує вміст білка в другому. Тому процес очищення від лушпиння часто впроваджується як один із перших кроків на багатьох олійноекстракційних заводах. Очищенню передують етап сушіння, який полегшує відділення лушпиння від ядра.

Таким чином, лушпиння соняшника є твердим залишком процесу очищення насіння на ОЕЗ. Лушпиння має високий вміст енергії, середню зольність і відносно невелику ціну, що робить його доволі популярним видом твердого біопалива для різних застосувань. Якщо лушпиння соняшнику не використовують безпосередньо на місці утворення, його реалізують на ринку, перед чим, зазвичай, гранулюють (**рис. 37**).



Рис. 37

Структура насіння соняшника. Джерело: AVEBIOM



ПОТЕНЦІАЛ І ЙОГО РОЗПОДІЛЕННЯ В ЄВРОПІ

У порівнянні з іншими олійними культурами, насіння соняшнику має низьку насипну щільність, що обмежує відстань економічно доцільного транспортування до підприємств з його обробки. Тому такі підприємства зазвичай «прив'язані» до місць вирощування соняшнику. Росія і Україна мають майже рівні частки у світовому виробництві соняшника, однак країні врожайності

спостерігаються в Україні. ЄС є третім за величиною виробником соняшнику в світі, на нього припадає близько 15,9% загальної посівної площі та 18,3% загальних обсягів виробництва. Також доволі потужними виробниками соняшника є Аргентина, Китай, Туреччина, США, Казахстан, Молдова і Сербія (табл. 10).



Рис. 38

Розташування місць вирощування соняшнику в Європі (Джерело: US Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, International Production Assessment Division).

Таблиця 10

Топ-10 виробників соняшника у світі (FAOSTAT, 2019 р.).

КРАЇНА	ПЛОЩА (ГА)	ЧАСТКА СВІТОВОЇ (%)	ВИРОБНИЦТВО (Т)	ЧАСТКА СВІТОВОЇ (%)
РОСІЯ	8.414.731	30,75	15.379.287	27,43
УКРАЇНА	5.958.900	21,77	15.254.120	27,20
ЄВРОСОЮЗ	4.338.740	15,85	10.281.250	18,34
АРГЕНТИНА	1.875.938	6,85	3.825.750	6,82
КИТАЙ	850.000	3,11	2.420.000	4,32
ТУРЕЧЧИНА	751.693	2,75	2.100.000	3,75
США	503.640	1,84	881.530	1,57
КАЗАХСТАН	815.288	2,98	838.710	1,50
МОЛДОВА	357.082	1,30	811.442	1,45
СЕРБІЯ	219.404	0,80	729.079	1,30
РЕШТА СВІТУ	3.283.350	12,00	3.551.578	6,32
СВІТ	27.368.766	100,00	56.072.746	100,00



У межах ЄС близько 90,4% виробництва зосереджено в п'яти країнах: Румунії, Болгарії, Угорщині, Франції та Іспанії. Ще чотири країни – Греція, Італія, Словаччина та Хорватія – забезпечують близько 8% загального виробництва соняшника в ЄС, тоді як інші відіграють лише

незначну роль (**Таблиця 11**). Загалом, соняшник стає все більш популярною культурою завдяки своїй універсальності, споживчим та ринковим перевагам. Урожайність також має тенденцію до зростання, особливо у Східній Європі.

КРАЇНА	ПЛОЩА (ГА)	ЧАСТКА СВІТОВОЇ (%)	ЧАСТКА ПЛОЩІ ЄС (%)	ВИРОБНИЦТВО (Т)	ЧАСТКА СВІТОВОЇ (%)	ЧАСТКА ПЛОЩІ ЄС (%)
Румунія	1.282.700	4,69	29,56	3.569.150	6,37	34,72
Болгарія	815.560	2,98	18,80	1.937.210	3,45	18,84
Угорщина	564.110	2,06	13,00	1.706.850	3,04	16,60
Франція	603.920	2,21	13,92	1.298.140	2,32	12,63
Іспанія	701.770	2,56	16,17	782.290	1,40	7,61
Греція	100.720	0,37	2,32	298.960	0,53	2,91
Італія	118.520	0,43	2,73	294.730	0,53	2,87
Словаччина	48.550	0,18	1,12	129.670	0,23	1,26
Хорватія	35.980	0,13	0,83	106.560	0,19	1,04
Австрія	21.250	0,08	0,49	64.540	0,12	0,63
РЕШТА ЄС-27	45.660	0,17	1,05	93.150	0,17	0,91
ЄС-27	4.338.740	15,85	100,00	10.281.250	18,34	100,00

Таблиця 11

Топ-10 виробників соняшнику в ЄС (FAOSTAT, 2019 р.).

Рис. 39

Гранули з лушпиння соняшника [Джерело: CERTH].





Теоретичний потенціал лушпиння соняшнику можна оцінити з наведених вище даних, враховуючи, що воно становить близько 20-30% загальної маси насіння і що стандартна вологість насіння – 9%. Таким чином, глобальний теоретичний потенціал лушпиння соняшнику складає 10,21-15,31 млн т (с.р.), а потенціал в ЄС – 1,87-2,81 млн т (с.р.).

Технічний потенціал є нижчим за теоретичний з двох основних причин. По-перше, не всі підприємства з переробки соняшнику застосовують процес очищення від лушпиння. По-друге, повне очищення від лушпиння не відбувається в промислових масштабах з певних техніко-економічних причин. З технічної точки зору, повністю очищене насіння важко піддається попередньому віджиманню, а попередньо пресована макуха має погану перколяцію під час етапу екстракції розчинником. З економічної

точки зору, більший обсяг видалення лушпиння також призводить до втрат олії, які не можуть бути компенсовані вищою вартістю шроту. Залежно від сорту соняшника різниться складність процесу видалення лушпиння. Згідно різних джерел, частка лушпиння, що залишається, становить 8-15% маси обробленого насіння.

Доступність лушпиння соняшнику на ринку залежить від рівня власного споживання переробними підприємствами. Більшість ОЕЗ використовують значну частку цього виду біомаси для покриття власних технологічних потреб у теплі. Останнім часом кілька найбільших підприємств інвестували в ТЕЦ на біомасі, щоб частково покрити також власне споживання електроенергії. Крім того, як і у випадку з іншими видами сільськогосподарської продукції, на рівень виробництва соняшника впливають погодні умови та інші фактори.

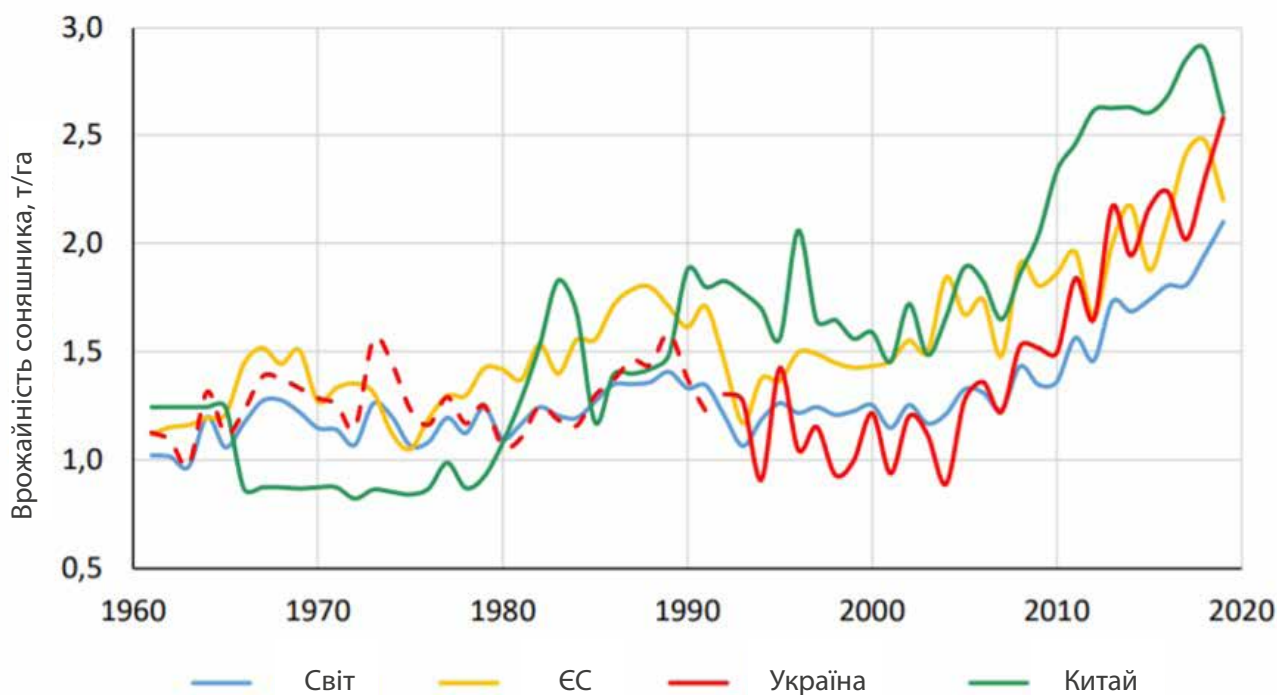


Рис. 40

Зростання врожайності соняшника з 1961 по 2019 рр. (Джерело: FAOSTAT, UABIO)



ХАРАКТЕРИСТИКИ: ДЕ І ЯК УТИЛІЗУЄТЬСЯ?

Виробництво соняшникової олії – енергоємний процес. Заявлене споживання електроенергії коливається в межах 96,6-198 кВт-год/т олії, а споживання теплової енергії (у вигляді пари) – в межах 348-1184 кВт-год/т олії. Як зазначалося вище, ОЕЗ утилізують значну частку лушпиння, щоб задовольнити свої потреби в технологічному теплі. Найбільші українські заводи з виробництва соняшникової олії споживають близько 46-48% утвореного лушпиння для виробництва пари. Найбільші ОЕЗ, що впровадили ТЕЦ на біомасі, використовують ще більший відсоток свого лушпиння – 57,8% необхідно для роботи ТЕЦ 12,3 МВт + 26,7 МВт в Україні (дані ПрАТ «Кропивницький ОЕЗ» – колишнє ПАТ «Кіровоградолія»).

Неспожите на місці лушпиння зазвичай надходить на ринок після етапу його гранулювання (або, рідше, брикетування). Ущільнення біомаси

необхідне для підвищення енергетичної щільності, що призводить до більш економічного транспортування та зберігання.

В **таблиці 12** наведено орієнтовний склад гранул з лушпиння соняшнику. Слід зазначити, що фактичні характеристики можуть відрізнятися в залежності від походження та етапів попередньої обробки – стандарт ISO 17225-1 надає більш детальний огляд можливих діапазонів показників для лушпиння соняшнику.

Загалом, можна виділити наступні основні характеристики гранул з лушпиння соняшнику як твердого біопалива:

- Низький вміст вологи та висока теплотворна здатність у поєднанні з відносно невеликою ціною роблять його дуже привабливим і конкурентоспроможним паливом для багатьох застосувань.
- Вміст золи значно вищий, ніж у типових видах деревного палива. Зола лушпиння соняшнику має високий вміст калію, що знижує температуру плавлення золи, сприяє шлакуванню та утворенню відкладів, а також збільшенню викидів твердих частинок при згорянні.
- Вміст азоту, сірки та хлору також вищий, ніж у типових видах деревного палива. Під час спалювання очікуваним є більш високий рівень емісії NO_x і SO₂. Сірка і хлор також можуть сприяти виникненню проблем, пов'язаних з корозією.

ПОКАЗНИК	ЗНАЧЕННЯ	РОЗМІРНІСТЬ
Вологість	10	w-% р.м.
Зольність	4,0	w-% с.м.
Нижча теплотворна здатність	15,7	МДж/кг р.м.
Насипна щільність	550	кг/м ³ р.м.
Енергетична щільність	2,40	МВт-год/м ³ р.м.
Азот, N	0,8	w-% с.м.
Сірка, S	0,1	w-% с.м.
Хлор, Cl	0,06	w-% с.м.
Кальцій, Ca	5.000	мг/кг с.м.
Калій, K	11.000	мг/кг с.м.
Натрій, Na	50	мг/кг с.м.
Кремнезем, Si	600	мг/кг с.м.

Таблиця 12

Індикативний склад гранул з лушпиння соняшника (Джерело: AgroBioHeat).



З огляду на їх паливні характеристики, гранули з лушпиння соняшнику найчастіше використовуються для виробництва тепла та/або електроенергії в установках середньої і великої потужності, які зазвичай обладнані рухомими решітками.

Відносна низька вартість лушпиння соняшнику робить його також привабливим видом біопалива для побутових споживачів, комерційного сектору та невеликих промислових підприємств. Для заощадження витрат, багато які з цих кінцевих споживачів використовують прості системи спалювання зі стаціонарним шаром або модернізують існуюче обладнання пальниками

для гранул. Брикети з лушпиння соняшнику іноді використовують навіть у невеликих пічках. Зазвичай, це енергетичне обладнання має погані емісійні характеристики роботи і може потребувати частішого очищення внутрішніх поверхонь через більший вміст золи в лушпинні порівняно з деревною біомасою. Однак, застосування правильно спроектованих сучасних систем спалювання дає можливість досягти ефективного згоряння гранул з лушпиння соняшнику з низьким рівнем викидів шкідливих речовин навіть в енергоустановках невеликої потужності.



ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ

ВИКОРИСТАННЯ ЛУШПИННЯ СОНЯШНИКА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПАРИ І ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ

Як зазначалося вище, виробники соняшникової олії споживають лушпиння соняшника для задоволення власних потреб в енергії. В Україні налічується понад 60 енергоустановок, які виробляють технологічну пару з лушпиння соняшника. Нещодавній приклад — компанія «Агротрейд-2000», що інвестувала в паровий котел продуктивністю 4,5 т пари/год з тиском 14 кг/см². Котел розроблений і виготовлений українським виробником – котлозавод «Крігер».

Крім того, 7 ТЕЦ та електростанцій в Україні працюють на лушпинні соняшника та гранулах з лушпиння; їх загальна потужність становить 55 МВт. Найбільшою подібною установкою наразі є ТЕС «Аякс Дніпро» потужністю 16 МВт. ТЕС введено в експлуатацію у 2020 році після 2-річного терміну будівництва. Електростанція обладнана двома паровими котлами по 35 т пари/год кожний; параметри пари – тиск 40 кг/см², температура 440 °С.

Подібні установки впроваджені також в інших частинах світу, де має місце виробництво соняшникової олії. Використання котлів, що працюють на лушпинні соняшника, дозволяє виробникам олії знизити витрати на електроенергію та скоротити викиди парникових газів, а також уникнути вивозу лушпиння на звалища.

Додаткової інформації:

Відео проєкту AgroBioHeat про використання лушпиння соняшника в Україні: <https://www.youtube.com/watch?v=mVuXyjjro9U>



Havrysh, V., Kalinichenko, A., Mentel, G., Mentel, U., Vasbieva, D.G. (2020) Husk Energy Supply Systems for Sunflower Oil Mills. *Energies* 2020, 13(2), 361; <https://doi.org/10.3390/en13020361>.

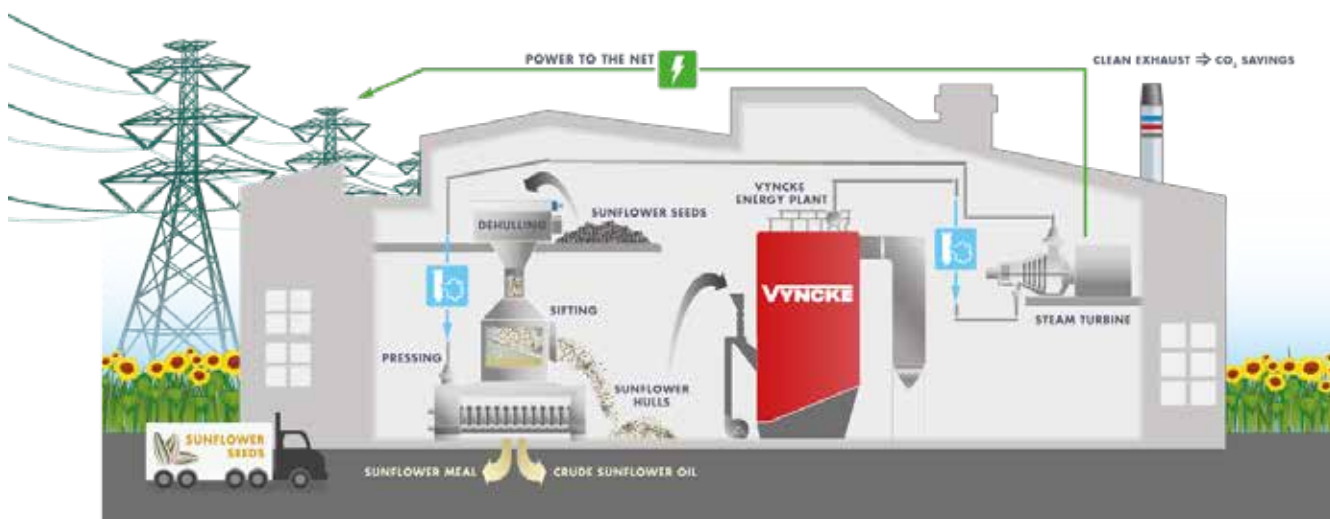
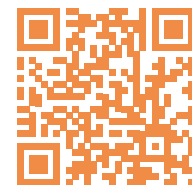


Рис. 41

Когенераційна установка на біомасі для українського заводу по переробці соняшникової олії
Джерело: Vyncke



ВИКОРИСТАННЯ ГРАНУЛ З ЛУШПИННЯ СОНЯШНИКА В ПОБУТОВИХ КОТЛАХ

Врамках проєкту AgroBioHeat в серії тестів було досліджено процес горіння гранул з лушпиння соняшнику та кількох інших видів палива з агробіомаси. Випробування проводилися в лабораторних умовах з використанням найсучасніших котлів на біомасі згідно загальної процедури випробувань котлів відповідно до стандарту EN 303-5.

Зокрема, гранули з лушпиння соняшнику спалювали в котлі потужністю 45 кВт, в якому реалізовано інноваційну концепцію максимальної кількості стадій подачі повітря. За винятком емісії NO_x, що пов'язана з вмістом азоту в паливі, виміряні викиди CO, органічних газоподібних сполук і твердих частинок були значно нижчими за поточні гранично допустимі межі Директиви ЄС з Екодизайну (Ecodesign Directive), що застосовуються до палива з деревної біомаси. Хороших результатів щодо рівня викидів також можна очікувати для котла із правильно спроектованою топкою з рухомими колосниками, але із врахуванням двох додаткових зауважень: а) котел має демонструвати хороші показники викидів також під час роботи з частковим навантаженням, оскільки це впливає на сезонний коефіцієнт емісії Директиви з Екодизайну, б) у цьому випадку для контролю викидів твердих частинок знадобиться вторинна система очищення димових газів, наприклад електростатичний фільтр.

Додаткової інформації:

Brunner, T., Nowak, P., Mandl, C., Obernberger, I. (2021) Assessment of Agrobiomass Combustion in State-of-the-Art Residential Boilers. Proceedings of the 29th European Biomass Conference and Exhibition, pages 379 – 388. DOI: 10.5071/29thEUBCE2021-2AO.5.1. Доступно на: <http://www.etaflorence.it/proceedings/>

ОПАЛЕННЯ ТЕПЛИЦЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ГРАНУЛ З ЛУШПИННЯ СОНЯШНИКА

Конкурентні переваги використання гранул з лушпиння соняшнику наочно демонструє приклад компанії AGRIS S.A. у Північній Греції. Компанія володіє тепличним розплідником площею понад три гектари. Витрати на опалення приміщень складають до 13% структури виробничих витрат компанії. У 2012 році AGRIS встановила вісім котлів на біомасі загальною потужністю 9,28 МВт для заміщення дорогого мазуту. Спочатку котли працювали на оливковій макусі, але пізніше AGRIS перейшла на використання гранул з лушпиння соняшнику як біопалива більш високої якості без проблеми запаху. Гранули імпортуються з Болгарії і транспортуються вантажівками до критого сховища компанії. За оцінками AGRIS, перехід з мазуту на біопаливо зменшив річні рахунки за опалення на 20-30%.

Додаткової інформації:

Stroia, C., Jansen, J. (2019) Competitiveness of corporate sourcing of renewable energy. Annex A.4 to part 2 of the study on the competitiveness of the renewable energy sector, Case study: AGRIS S.A. DOI: 10.2833/561885. Доступно на: <https://op.europa.eu/s/vdNy>

ОПАЛЕННЯ ТОРГІВЕЛЬНОГО ЦЕНТРУ З ВИКОРИСТАННЯМ ГРАНУЛ З ЛУШПИННЯ СОНЯШНИКА

Гранули з лушпиння соняшнику мають такі ж переваги, як і деревні гранули, що дозволяє використовувати їх на об'єктах з обмеженою площею. Прикладом такого застосування є торгівельний центр ACADEM-CITY в Києві. Два котли 500 кВт і 320 кВт, що працюють на гранулах з лушпиння соняшнику, забезпечують опалення приміщень у споруді, розташованій в суто міських умовах. Для зменшення викидів твердих частинок в атмосферу використовуються циклони.

Додаткової інформації:

Karampinis, M. (2020) AgroBioHeat Deliverable 3.1: Report on identified cases. Доступно на: https://agrobioheat.eu/wp-content/uploads/2020/10/AgroBioHeat_D3.1_agrobiomass-heating-facilities_v1.0-1.pdf



КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ ЕФЕКТИВНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ЛУШПИННЯ СОНЯШНИКА

Загалом, використання лушпиння соняшнику є привабливим варіантом для виробництва енергії установками різної потужності: від котлів малої і середньої потужності до великих ТЕЦ та електростанцій. Ключовою перевагою цього виду біопалива є те, що воно пропонується на ринку вже у гранульованому вигляді, що полегшує його транспортування, зберігання, обробку та подачу.

Деякі ключові аспекти ефективної утилізації гранул з лушпиння соняшника:

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГРАНУЛ.

Параметром, який впливає на ринкову ціну гранул, є механічна міцність. Різні партії гранули можуть мати вищу або нижчу механічну міцність, від чого залежить їх цілісність при вантаженні/розвантаженні. Оскільки це може вплинути на конструкцію системи подачі палива, кінцевий споживач має враховувати, що гранули з лушпиння соняшнику зазвичай мають діаметр 8 мм, а не 6 мм як деревні гранули.

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГРАНУЛ.

Вміст сірки, азоту та золи в лушпинні соняшнику вище, ніж у типових видах деревної біомаси. Тому кінцевий споживач повинен оцінити, чи здатна його система спалювання забезпечити викиди SO_2 , NO_x та твердих часток у граничнодопустимих межах відповідно до чинних документів.

СИСТЕМА СПАЛЮВАННЯ. Загалом, через високу зольність, лушпиння соняшника слід спалювати в належним чином спроектованих енергоустановках з рухомою решіткою і не використовувати обладнання з горінням у нерухомому шарі.

НАДІЙНІСТЬ ПОСТАЧАЛЬНИКІВ. Наразі не існує незалежної системи сертифікації якості лушпиння соняшнику. Тому споживачам доводиться розраховувати на розвиток довірчих відносин з постачальниками біопалива. Найкрупніші постачальники зазвичай надають специфікації, принаймні, кількох фізичних та хімічних властивостей гранул, таких як теплотворна здатність, діаметр, вологість, вміст золи та сірки. Це дає кінцевому споживачу можливість оцінити, чи відповідає якість даної партії біопалива вимогам його енергетичної установки.





Інші відходи

ПОДРІБНЕНІ ВІНОГРАДНІ КІСТОЧКИ

Виноградна макуха (або виноградні вичавки) є залишком процесу виробництва вина. Одну тонну виноградної макухи отримують при виробництві 3333,33 л вина. Вона складається з суміші плодоніжок, м'якоті та кісточок винограду в змінних пропорціях (у середньому 25, 55 і 20%, відповідно). Їх характеристики суттєво різняться в залежності від сорту вина, що виробляється, сорту винограду та використовуваної процедури сепарації. М'якоть отримують шляхом відділення плодоніжок і кісточок від виноградної макухи.

Виноградні кісточки складаються з сильно здеревілої оболонки, або покриву, та багатого ліпідами білка. Виноградні кісточки мають вміст олії 14–18%, яку можна екстрагувати. Виноградна олія є цінним комерційним продуктом, що використовується, переважно, у косметичній промисловості. Олію можна вилучити з виноградної кісточки або шляхом механічної екстракції, або шляхом хімічної/розчинної екстракції, використовуючи методи Сокслета та гексан за процесом, подібним до екстракції олії з оливкових вичавків. Для полегшення екстракції олії, кісточки винограду подрібнюють та гранулюють. Залишок процесу екстракції – подрібнена маса з виноградних кісточок – може використовуватися як біопаливо, але також має хороші властивості для застосування як корму для тварин.

Речовина з подрібнених виноградних кісточок має зернисту структуру; для підвищення її щільності і оптимізації логістичних операцій часто застосовується гранулювання.

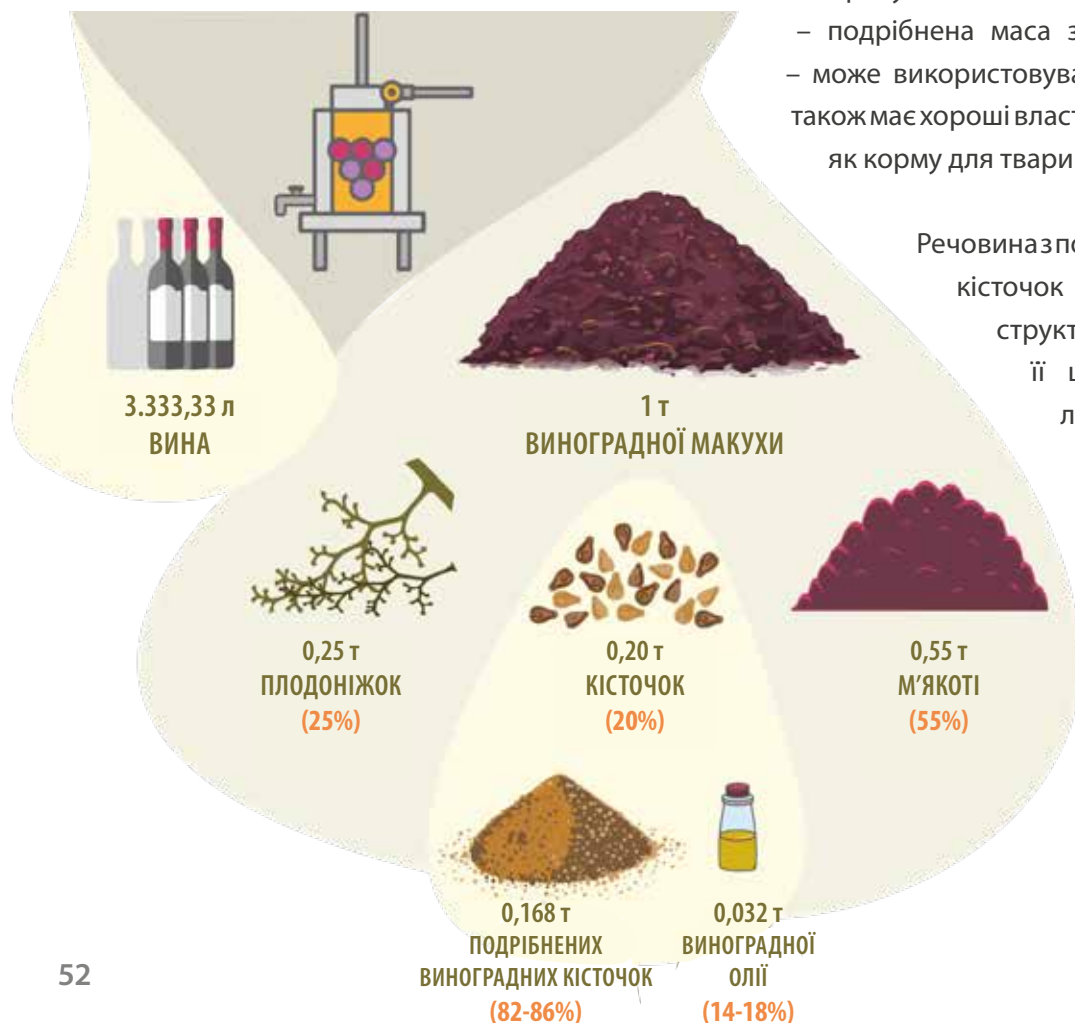


Рис. 42

Масовий баланс процесу отримання подрібнених виноградних кісточок.
Джерело: AVEBIOM



ПОКАЗНИК	ТИПОВИЙ ДІАПАЗОН	ТИПОВЕ ЗНАЧЕННЯ	РОЗМІРНІСТЬ
Вологість	7 – 15	10	w-% a.r.
Зольність	3,5 - 5	4	w-% d.b.
НИЖЧА ТЕПЛОТА ЗГОРАННЯ	> 16,7	17,4	МДж/кг (a.r.)
НАСИПНА ЩІЛЬНІСТЬ (НЕГРАНУЛЬОВАНА РЕЧОВИНА)		450	кг/м ³
Азот	1,5 – 2	1,7	w-% d.b.
Сірка	< 0,2	0,12	w-% d.b.
Хлор	< 0,1	0,06	w-% d.b.

Таблиця 13

Типові характеристики подрібнених виноградних кісточок. Джерело: власні дані AVEBIOM

Враховуючи, що виробництво вина в ЄС у 2019 році досягло 15,8 млрд літрів, теоретичний потенціал подрібнених виноградних кісточок в ЄС може сягати майже 800 000 тонн/рік, відповідно до балансу маси на рис. 42. Однак реальний потенціал значно нижчий з ряду причин.

По-перше, не всі залишки виробництва вина використовуються для виробництва олії з виноградних кісточок. Незважаючи на відсутність вичерпних даних, обсяг ринку олії з виноградних кісточок виглядає досить малим порівняно з його теоретичним потенціалом. По-друге, частина виробництва олії відбувається на дуже невеликих заводах, які мають обмежені можливості для ефективної валоризації залишків. По-третє, навіть серед великих виробників виноградної олії значна частка отриманої маси з подрібнених виноградних кісточок використовується або як корм для тварин, або для власного споживання.

Наразі подрібнені виноградні кісточочки залишаються нішевою біомасою для зовнішніх ринків.

**Рис. 43 та 44**

Подрібнені виноградні кісточочки та Гранули з подрібнених виноградних кісточок. Джерело: AVEBIOM



КАВОВА ГУЩА

Кавава гуща (КГ) – це залишок, що утворюється при варінні кави. Враховуючи, що менше 1% кавових сполук екстрагується під час заварювання, а також беручи до уваги обсяги кави, що споживаються у всьому світі, очевидно, що щороку утворюється величезна кількість кавової гущі. Деякий обсяг КГ після компостування використовується як добриво; зростає інтерес до використання цієї сировини в біоекономіці, наприклад, для добування цінних сполук. На даний момент найпопулярнішим альтернативним напрямком використання кавової гущі є застосування як палива для виробництва тепла.

Засоби валоризації кавової гущі значною мірою залежать від місця та методу виробництва. Великі підприємства, що виробляють розчинну каву, генерують значні обсяги КГ, сконцентровані в одному місці. Декілька з них встановили спеціальні біомасові котли, що використовують кавову гущу і, в разі потреби, інші види біомаси для отримання пари або чистих гарячих газів для власних виробничих потреб. Високий вміст вологи у КГ є важливим фактором, який має враховуватися в конструкції котла.

Для невеликих кінцевих споживачів кави – кафеєтеріїв та домогосподарств – кавова гуща є скоріше «харчовим відходом», ніж технологічним залишком, і його набагато складніше зібрати та валоризувати через розосередження малих обсягів по багатьом

місцям. Проте для вирішення даної проблеми з'явилися різні ініціативні проєкти. Bio-bean (www.bio-bean.com) є, напевно, найвідомішим прикладом таких проєктів – компанія з Великобританії співпрацює з сотнями кафеєтеріїв для забезпечення переробки кавової гущі. У 2021 році було зібрано 6400 тонн КГ. Компанія запустила кілька різних ліній продукції і досліджує альтернативні шляхи для валоризації кавової гущі. Двома з основних видів продукції є Coffee Logs – брикети з КГ, що продаються у роздрібній торгівлі як альтернатива дровам, і кавові гранули – продукт, орієнтований, переважно, на бізнес-сектор. «Kafsimon» (www.incommon.gr/kafsimon) в Греції — це громадський проєкт неурядової організації InCommOn, який має на меті збирати кавову гущу з кафеєтеріїв у Північній Греції та переробляти її на гранули.

Гранули з кавової гущі, зазвичай, мають дещо вищу теплотворну здатність порівняно зі стандартними деревними гранулами. Типовий вміст золи в них становить близько 2%-w (маса с.р.), що є відносно низьким рівнем порівняно з іншими промисловими твердими біопаливами. Однак, щоб досягти більш високої механічної міцності, кавову гущу необхідно змішувати або з певними добавками, або з іншою лігноцелюлозною сировиною. Крім того, гранули з кавової гущі, зазвичай, мають більший вміст сірки та хлору порівняно з деревними гранулами.



Рис. 45

Кавава гуща. Джерело: AVEBIOM



ПЛОДОВІ КІСТОЧКИ

Плодові кісточки, також відомі як кістянка, включають сорти плодів з твердим «кам'яним» ендокарпієм, що містить насіння. До цієї категорії входять мигдаль і оливки, а також персики, абрикоси, сливи, вишні тощо. Цій розділі присвячений останній групі плодів, з якої агропромислові підприємства, що виробляють джеми, компоти або соки, можуть добувати кісточки.



Оскільки кісточка може становити значний відсоток від загальної маси плоду, агропромислові підприємства накопичують значні обсяги кісточок під час виробничого процесу і можуть далі валоризувати їх як тверде біопаливо. Теоретично, можна було б використовувати також кісточки плодів, які реалізуються на продовольчому ринку, однак їх розосередження робить цю концепцію економічно не вигідною.

Плодові кісточки представлені на ринку у «цілому» (рис. 45) або подрібненому (рис. 46) вигляді. Цілі кісточки можна використовувати у промислових котлах з достатньо великими системами завантаження,

а подрібнені – в невеликих котлах; через високу калорійність, швидкість подачі кісточок має бути понижена.

ВИД ПЛОДУ	% МАСИ ЕНДОКАРПІЮ (КІСТОЧКИ)
Абрикоса	10%
Вишня	8%
Персик	15%
Слива	4%

Таблиця 14 Частка маси ендокарпію деяких плодів

Джерело: "Global Bioenergy potential from high-lignin agricultural residue". Mendu et al. Universidad de California, Berkeley, CA. 2012. <https://www.pnas.org/content/109/10/4014.short>

ПОКАЗНИК	ТИПОВИЙ ДІАПАЗОН	ТИПОВЕ ЗНАЧЕННЯ	РОЗМІРНІСТЬ
Вологість	< 18	14	w-% a.r.
Зольність	< 3	1,8	w-% d.b.
НИЖЧА ТЕПЛОТА ЗГОРАННЯ	> 16.750	18.840	МДж/кг (a.r.)
Азот		0,8	w-% d.b.
Сірка		0,035	w-% d.b.

Таблиця 15

Типові характеристики персикових кісточок.

Джерело: AVEBIOM, Muns Agroindustrial та Phyllis даних

Греція є лідером ЄС з виробництва персикового компоту. Персикові кісточки генеруються у значних кількостях на консервних заводах і в минулому були доступні на місцевих ринках як тверде біопаливо. Однак більшість найпотужніших консервних заводів встановили біомасові котли для забезпечення, принаймні в значній мірі, власної потреби в технологічному теплі. В результаті, майже весь обсяг персикових кісточок споживається зараз самими консервними заводами, а на ринку можна знайти, в кращому випадку, лише доволі обмежену кількість.

Рис. 46 та 47

Цілі та Подрібнені персикові кісточки

Джерело: Muns Agroindustrial



РИСОВЕ ЛУШПИННЯ

Рисове лушпиння є зовнішнім покриттям рисових зерен (неочищений рис) і воно видаляється шляхом шліфування. У середньому, лушпиння становить близько 20% ваги рисового зерна. Після шліфування лущений рис можна додатково обробити для видалення висівкового шару, який складає ще 10% зерна неочищеного рису. Висівки використовуються, головним чином, як корм для худоби, тоді як рисове лушпиння все частіше застосовується для виробництва енергії.

З огляду на оцінку світового виробництва неочищеного рису у 758 млн т/рік, очевидно, що річний потенціал цього агропромислового залишку величезний. Переважна більшість світового обсягу виробництва рису припадає на азійські країни. Річний обсяг виробництва рису-сирцю в ЄС становить близько 2,8 млн т – еквівалент 1,7 млн т шліфованого рису. Виробництво, в основному, відбувається в Італії, але також є центри вирощування рису в Іспанії, Греції, Португалії та кількох інших європейських країнах.

Рисове лушпиння є очевидним джерелом енергії для рисових млинів, які потребують теплової енергії у вигляді гарячої води або пари для двох основних процесів – сезонного сушіння рису-сирцю та постійного пропарювання. Отримані обсяги лушпиння можуть фактично задовольнити потребу в тепловій енергії типового рисового млина, а залишки – бути реалізовані на ринку як тверде біопаливо або навіть знайти інші, неенергетичні напрямки застосування.

У порівнянні з іншими агропромисловими відходами, що розглядаються в цьому посібнику, рисовелушпиння має дві особливі характеристики. По-перше, воно має дуже високу зольність, яка може сягати 18-20% маси с.р. По-друге, зола рисового лушпиння містить багато кремнезему. Підвищена концентрація кремнезему надає рисовому лушпинню виразну твердість і викликає проблеми роботі технічних пристроїв, таких як конвеєри та млини. З іншого боку, це підвищує економічну цінність золи рисового лушпиння з огляду на можливість використання як сировини для бетонної та сталеливарної промисловості, а також для інших потенційних застосувань.

СТРИЖНІ КУКУРУДЗИ

Іноді зернову кукурудзу збирають в необмолочених качанах з наступним стаціонарним обмолотом. У таких випадках стрижні качанів можна збирати й використовувати на місці як біопаливо, наприклад, для сушіння зерна кукурудзи, а залишок – реалізовувати на ринку.

Зольність стрижнів кукурудзи досить низька (близько 2% маси с.р.), що, на перший погляд, робить їх доволі перспективним видом палива. Однак, ключовою проблемою є дуже високий вміст

калію в золі, що знижує температуру плавлення золи і може викликати серйозні проблеми, пов'язані із шлакуванням. В енергетичних установках середньої потужності реалізація спалювання стрижнів кукурудзи є можливою завдяки застосуванню спеціальних технологій, що пом'якшують зазначені проблеми. Більше інформації про властивості стрижнів кукурудзи як палива та особливості їх горіння можна знайти у спеціальному посібнику проєкту AgroBioHeat «Енергія з решток кукурудзи».



ІМПОРТОВАНІ АГРОПРОМИСЛОВІ ВІДХОДИ

Крім різних видів агропромислових відходів, що утворюються в Європі, агропромислові підприємства на інших континентах також переробляють різноманітні сільськогосподарські продукти та генерують велику кількість залишків.

Одними з найбільш релевантних з них є **шкарлупа та вичавки пальмових плодів** (залишки виробництва пальмової олії), **оболонка**

бобів какао (відхід переробки какао) і **віджимки цукрової тростини** (відхід переробки даної культури).

Оскільки зазначені залишки утворюються поза межами Європи, вони не розглядаються в цьому посібнику. Однак слід зазначити, що дані види біомаси привертають інтерес в Європі, Азії та інших країнах, насамперед, як паливо для заміщення вугілля у виробництві електроенергії.

ВІДХОДИ ОЧИЩЕННЯ БАВОВНИ

Виробництво бавовни в ЄС становить лише 1% (близько 340 000 тонн у 2018 році) від світового обсягу. Проте бавовна є дуже важливою культурою на регіональному рівні, насамперед у Греції (на яку припадає 80% всього виробництва бавовни в ЄС), а також у деяких районах Іспанії та Болгарії.

Зібрана бавовна-сирець транспортується до заводів з її очищення, де насіння відокремлюється від волокна. Насіння бавовни можна використовувати безпосередньо як корм для худоби, але також його можна переробляти для отримання олії та бавовняного борошна. Олія може застосовуватися для різних цілей, включаючи виробництво біодизеля, а борошно використовується як корм для худоби.

Близько 10% маси бавовни-сирця залишається у вигляді волокнистого матеріалу на бавовноочисних заводах. Цей матеріал має високий вміст золи (15 мас.% с.р. або більше), але є достатньо сухим для можливості застосування як тверде біопаливо, з нижчою теплотою згорання близько 14,6 МДж/кг (вологість порядку 13%).

Кілька бавовноочисних заводів у Греції самостійно споживають даний вид відходів для виробництва технологічної пари, необхідної для процесів сушіння бавовни, виробництва бавовняної олії тощо. У 2014 році в Північній Греції було побудовано ТЕЦ на біомасі потужністю 1 МВт. Як паливо на ТЕЦ використовуються залишки від очищення бавовни та інші види місцевої біомаси.

Рис. 48

Бавовна-сирець на бавовноочисному заводі. Джерело: G&P Cotton Ginners S.A.



Рис. 49

Відходи очищення бавовни, призначені для споживання на ТЕЦ 1 МВт. Джерело: PHILIPPOPOULOS ENERGY TECHNICAL S.A.





Консорціум проєкту AgroBioHeat



CERTH
CENTRE FOR
RESEARCH & TECHNOLOGY
HELLAS

Centre for Research and Technology Hellas (CERTH) – один із провідних дослідницьких центрів у Греції. Галузі його спеціалізації включають діяльність у сфері відновлюваних джерел енергії, виробництва та утилізації твердого біопалива, енергозбереження та охорони навколишнього середовища.

www.certh.gr



Іспанська Біоенергетична Асоціація AVEBIOM представляє всі компанії для повного ланцюга постачання біоенергії в Іспанії.

www.avebiom.org



BIOS – австрійська науково-дослідна та інженерна компанія з більш ніж 20-річним досвідом у сфері використання біомаси для енергетичних цілей.

www.bios-bioenergy.at



Bioenergy Europe (раніше відома як AEBIOM) є рупором європейської біоенергетики. Її діяльність спрямована на розвиток сталого ринку біоенергетики, що базується на справедливих умовах ведення бізнесу.

www.bioenergyeurope.org



Food & Bio Cluster
Denmark

Food & Bio Cluster Denmark є національним кластером Данії по харчовим продуктам і біоресурсам. Кластер сприяє співробітництву між дослідницькими організаціями і бізнесом та пропонує своїм членам універсальний доступ до мережі контактів, фінансування, розвитку бізнесу, проєктам, обладнанню а також надає різноманітні консультаційні послуги.

www.foodbiocluster.dk



Технологічний центр CIRCE заснований у 1993 р. з метою надання інноваційних рішень в галузі енергетики для сталого розвитку.

www.fcirce.es



Консорціум проєкту AgroBioHeat



INASO-PASEGES – громадська неприбуткова організація, заснована у 2005 р. в Афінах Панельною конфедерацією спілок сільськогосподарських кооперативів (PASEGES).

www.neapaseges.gr



Кооператив «Зелена енергія» (ZEZ) був створений у 2013 році в рамках проєкту «Розвиток енергетичних кооперативів у Хорватії», реалізованого Програмою розвитку ООН (ПРООН) у Хорватії.

www.zez.coop



Основною метою діяльності Кластеру GEA є розвиток сектору біоенергетики в Румунії та підвищення зацікавленості у виробництві та утилізації біомаси.

www.greencluster.ro



Біоенергетична асоціація України (UABIO) була зареєстрована у 2013 році як громадська організація. Метою діяльності асоціації є створення спільної платформи для співпраці на ринку біоенергетики України.

www.uabio.org



AILE працює у галузі відновлюваних джерел енергії та енергозбереження у сільськогосподарських районах Західної Франції

www.aile.asso.fr



White Research – компанія, що здійснює соціальні дослідження і консалтинг та спеціалізується на споживчій поведінці, аналізі ринку та управлінні інноваціями. Розташована у Брюсселі.

www.white-research.eu



Agronergy є постачальником енергетичних послуг, що спеціалізується на виробництві теплової енергії з відновлюваних джерел енергії.

www.agronergy.fr

