

# ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ ТА МАЛОПОШИРЕНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РОСЛИН ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА В УКРАЇНІ

**ЗАЙМЕНКО Н.В.** - доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент НАН України;

**РАХМЕТОВ Д.Б.** - доктор с.-г. наук, професор ;

(Національний ботанічний сад ім. М.М.Гришка НАН України)

**РАХМЕТОВ С.Д.** - аспірант (Національний університет біоресурсів і природокористування України).

**Вступ.** У період вичерпання світових енергоресурсів актуальним є пошук альтернативних відновлюваних джерел енергії.

Енергетичні потреби людства покриваються за рахунок нафти на 36%, вугілля – на 29 %, газу – на 24 %, ядерного палива – на 7 %. В умовах різкого зменшення запасів мінеральних видів палива та обмежених можливостей збільшення природних відновлюваних енергетичних ресурсів (гідроенергія, сонячна та вітрова енергія, тощо) використання енергії біомаси для виробництва твердих, рідких та газоподібних палив є актуальним [1, 15].

У 2012 р. загальне постачання первинної енергії в світі (total primary energy supply) становило 12 264 Мт н.е. (н.е. – нафтовий еквівалент), з них 12,8 % або 1 567 Мт н.е., було вироблено з відновлюваних джерел енергії [18].

Тверда біомаса є основним відновлюваним ресурсом. На її частку припадає 9,9 % від загального виробництва первинної енергії, або 71,7 % виробництва цієї енергії з відновлюваних джерел. Найбільшу частку первинної енергії з твердої біомаси (86,5 %) виробляють у країнах, які розвиваються, її використовують у побуті. Це країни Африки (28,1 %), Латинської Америки (9,1 %), Китай (17,4 %) та інші країни Азії (30,4 %). Найбільша частка біомаси у виробництві енергії характерна для країн ЄС: Латвія – 26 %, Фінляндія – 20 %, Швеція – 19 %, Данія – 13 %, Португалія та Австрія – 12 % [17]. Сьогодні відновлювані джерела енергії мають достатній потенціал й набувають важливого значення для заміщення традиційних викопних видів палива та скорочення викидів парникових газів [6].

Запропоновано класифікацію, яка враховує особливості утворення біопалива, його походження [2, 13]. До деревних палив віднесено види біопали-

*В Україні функціонує 30 ботанічних садів та 19 дендрологічних парків різного підпорядкування, які здійснюють важливі фундаментальні й прикладні дослідження в галузі інтродукції, акліматизації, селекції та збереження видової різноманітності реліктових і ендемічних рослин України й інших регіонів світу. Завдяки плідній багаторічній інтродукційній та селекційній роботі цих установ, ресурси рослин України на сьогодні складають понад 20 тис. таксонів, а Державний реєстр сортів рослин, придатних до поширення в Україні, поповнений тисячами нових сортів декоративних, плодових, кормових, енергетичних, технічних і інших рослин (509 сортами - в 2015 році) та численними колекціями, що становлять національне надбання. Особливо вагомий вклад у здобутках, у т.ч. й пов'язаних із розвитком альтернативних джерел енергії, зробив Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка. Зокрема, в Національному ботанічному саду опрацьовано унікальний метод представлення живих рослин на ботаніко-географічних ділянках, де за 70 років сформувались штучні фітоценози, які близькі до природних та мають стійкі гомеостатичні інтродукційні популяції рідкісних і зникаючих видів рослин. Велику увагу науковців зосереджено також на опрацюванні основних засад використання енергетичних рослин з високим продукційним потенціалом для розвитку фітоенергетики в Україні. Зокрема, в НБС вперше в Україні розроблено методичні засади оцінювання сортів енергетичних рослин та встановлено найперспективніші рослинні джерела біопалива різних напрямів використання, сформовано одну з найбагатших у Європі колекцій енергетичних рослин, що налічує 457 таксонів, з яких 180 — перспективні для виробництва твердого біопалива.*

*Редакція журналу «Біоенергетика/Bioenergy» звернулася до керівництва НБС ім. М.М.Гришка з проханням підготувати більш детальну статтю про науковий пошук й перспективи подальшої роботи в царині розширення генофонду біоенергетичних культур України, яку ми з вдячністю розміщуємо на сторінках журналу.*

ва (тверді, рідкі, газоподібні), отримані безпосередньо чи опосередковано з дерев і кущів в результаті лісогосподарської діяльності, а також промислові побічні продукти з первинної та вторинної деревної продукції. У групу аг-

ропалива входять продукти рослинного походження сільськогосподарської біомаси та відходи їх промислової переробки.

З метою обміну інформацією та накопичення знань про різні типи біома-

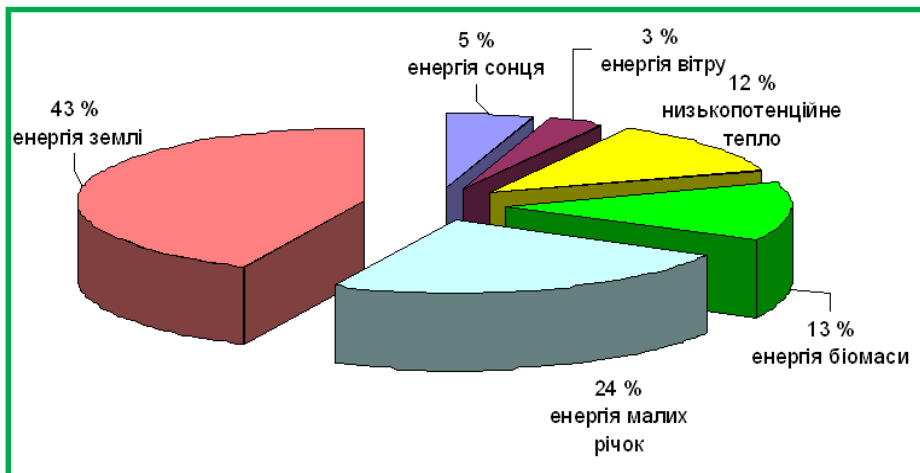


Рис. 1. Частка біопалива в структурі альтернативної енергетики у світі [11]

си Міжнародним енергетичним агентством було створено базу даних, яка нині містить інформацію про 1560 різних видів сировини та зразки золи [16]. Біомаса має високу реакційну здатність, про що свідчать вихід легких речовин – 70-86 % [19].

Вміст негорючих речовин і підвищена вологість спричиняють зниження теплотворної здатності та жаропродуктивності палива. При робочій зольності деревної біомаси 4 % і зміні вологості від 10 до 60 % жаропродуктивність різко знижується з 1940 до 1182 °С [1].

Проблема використання альтернативних джерел енергії з відновлюваної сировини стає дедалі актуальнішою для сучасного суспільства, що погіршується у зв'язку з енергетичною кризою й екологічним станом [4, 12, 14].

Багато властивостей, які необхідні для вирощування культур на біомасу, характерні для деяких видів багаторічників. За останні роки в США була проведена оцінка багаторічних трав в якості сировини для виробництва біопалива. Серед них люцерна, слоняча трава, пеннісетум червоний і просо прутупо-

дібне. Хоча жодна з цих рослин не може претендувати на роль універсальної біоенергетичної сировини, кожна має потенційну можливість для вирощування в певних регіонах при дотриманні спеціальної агротехніки.

Міністерство енергетики США (USDOE) після проведення порівняльного аналізу декількох видів рослин визначило просо прутуподібне як модельне джерело біоенергії серед трав'янистих багаторічних рослин [9].

В структурі альтернативної енергетики в світі енергія біомаси становить до 13% (рис. 1). За прогнозами вчених, частка поновлюваних джерел енергії до 2040 р. досягне 47, 7%, а внесок біомаси – 23,8%.

Згідно з дослідженнями шведського Око-Institut, частка біопалива на ринку палив країн Європейського союзу зростає до 25% до 2030 року і 80% до 2050 року. Таким чином, дослідження підтвердило заяву Європейської Комісії про можливість позбавлення від використання природних копалин країн Старого Світу до 2050 року [8].

Проблема виробництва та викори-

стання біопалива багатогранна і має декілька аспектів здійснення. Перше за все – пошук та винайдення найефективніших джерел біопалива. По-друге – розробка важливих способів перетворення біосировини на потрібні види біопалива. Слідом за цим – пошук та опрацювання ефективних технологій отримання енергії та її використання.

В плані визначення цінних джерел біопалива багато зроблено у різних країнах світу. Але, залежно від регіону світу, вирізняються перспективні види біопалива й ефективні сировинні культури для його отримання [3].

*Умови, об'єкти і методи досліджень, проведення досліджень.* Дослідження протягом багаторічного періоду проводяться в Національному ботанічному саду ім. М.М.Гришка НАН України (НБС ім. М.М.Гришка) та Дослідному сільськогосподарському виробництві Інституту фізіології рослин та генетики НАН України (ДСВ ІФРГ НАН України "Глеваха"). Виробничі випробування нових та малопоширених енергетичних культур і сортів проводяться в різних агрокліматичних зонах України та інших країн.

*Об'єкт досліджень* – процес визначення найефективніших альтернативних джерел твердого біопалива (на основі аналізу 227 таксонів енергетичних рослин НБС ім. М.М.Гришка НАН України) та встановлення продуктивного, енергетичного, інтродукційного потенціалу нових та малопоширених рослин, створення високоадаптивних сортів, розробка сучасних технологій вирощування та використання енергетичних культур для виробництва твердого біопалива.

*Предмет досліджень* – високопродуктивні види енергетичних рослин міскантусу (22), проса прутуподібного (13 таксонів), сорго багаторічного (7), щавнату (11), сіди (7), сільфія (12), тощо та створені на їх основі форми і сорти.

Польові досліди закладали відповідно до існуючих методик для Держсортмережі та науково-дослідних установ тривалістю від трьох до шести років у чотирихкратному повторенні [5]. Розмір посівних ділянок – 60-100 м<sup>2</sup>, облікова площа – 30-60 м<sup>2</sup>. Розміщення варіантів по повтореннях систематичне і рендомізоване. Вегетаційні досліди закладали у контейнерах і в ящиках у шестикратному повторенні. Виробничі досліди виконували в трьох-чотирихкратному повторенні на площі 1-2 га кожна.

Біометричні вимірювання виконані за методиками Г.М.Зайцева, Б.А.Доспехова [5]. Хімічні аналізи видів та форм енергетичних рослин проводили в



Рис. 2. Оранжевий комплекс

біохімічній лабораторії відділу нових культур НБС ім. М.М.Гришка. Дослідні зразки відбирали у фазах: ювенільній, бутонізації та плодоношення згідно загальноприйнятих методик [10]. Для виявлення біологічної, біохімічної та енергетичної цінності надземної маси та насіння визначали: абсолютно суху речовину шляхом висушування зразків при температурі 105 °С до постійної маси [10]. Визначення кількості енергії в зразках здійснювали на калориметрі ІСО 200.

**Результати досліджень.** В умовах невинно зростаючих глобальних енергетичних проблем особливої актуальності набувають питання переходу до альтернативних джерел енергозабезпечення [7].

До останнього часу Національний ботанічний сад ім. М.М.Гришка здійснював опалення своїх оранжерей, теплиць та будівель виключно за рахунок централізованого тепlopостачання. Однак, через постійно зростаючі ціни на теплову енергію, неможливість оперативного регулювання подачі тепла, особливо у осінній та весняний періоди, адміністрація була змушена шукати альтернативні шляхи забезпечення приміщень теплом.

Досвід багатьох країн світу показав, що використання відновлюваних джерел енергопостачання дає значну економію споживання газу, нафти та вугілля. Таким чином, з урахуванням перспективи на найближчі роки, розвиток відновлюваної енергетики може стати важливим чинником вирішення енергетичної проблеми Саду.

У 2012-2013 рр. оранжерейний комплекс (рис. 2), будівлі та споруди НБС повністю переведено на альтернативне опалення за рахунок твердопаливних котлів вітчизняного виробництва.

Відповідно до укладеного науково-технічного проекту з Товариством «Еко-тех», в НБС за кошти інвестора введено в дію дві котельні потужністю 1,5 та 3,0 МВт, які забезпечують щорічну потребу установи в тепловій енергії.

Робота котельні повністю автоматизована. Паливні котли, все обладнання та комплектуючі виготовлені в Україні і працюють на твердому паливі вітчизняного виробництва (рис. 3).

Ефективність використання твердопаливних котлів у Ботанічному саду, у порівнянні з централізованим опаленням, свідчить про доцільність впровадження альтернативних джерел енергії. Зокрема, для опалення понад 100 тис. метрів кубічних площі витрачається коштів на 26,8 % менше, ніж при використанні централізованого тепlopостачання, а це реальна еконо-



**Рис.3.** Паливні котли, які працюють на твердому паливі вітчизняного виробництва

мія бюджетних видатків понад 1,5 млн грн.

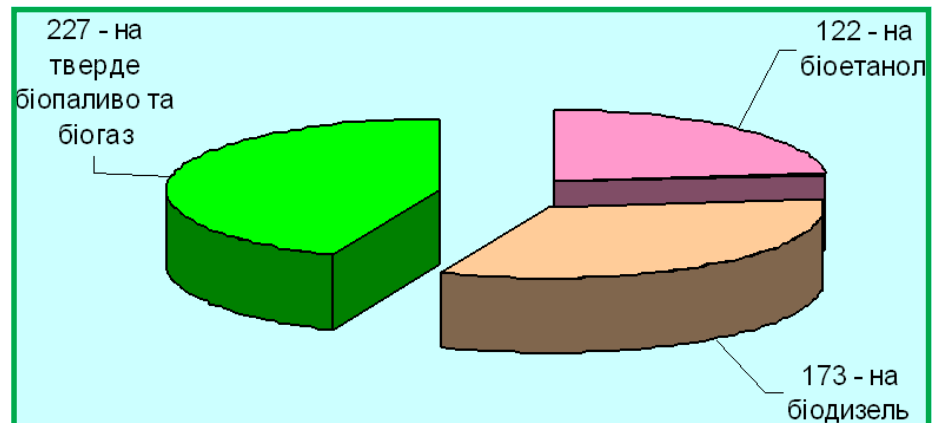
Результати досліджень науковців Ботанічного саду доводять, що рослини є найбільш ефективним джерелом перетворення енергії сонця через фотосинтез у доступну людству форму енергії. Теоретично обґрунтовано та практично реалізовано основні засади використання нових та малопоширених енергетичних рослин із надзвичайно високим продукційним потенціалом для біоенергоконверсії в Україні. Встановлено найперспективніші рослинні джерела біопалива різних напрямів використання.

Головна мета виконаних досліджень полягала в підвищенні ефективності перетворення енергії сонця через фотосинтез зелених рослин в потрібну людству фітосировину для виробництва різних видів біопалива за рахунок підбору високоєфективних продуцентів.

Важливим завданням є збереження та збагачення різноманіття енергетичних рослин та оптимізація їх продукційного процесу фітоценотичними, інтродукційними, біотехнологічними, селекційними методами, розроблення сучасних біотехнологічних, селекційно-генетичних основ конструювання нових енергетичних культур та поліпшення існуючих для створення форм рослин із заданими продукційними параметрами[12].

Вчені з Національного ботанічного саду ім. М.Гришка НАН України одними з перших в Україні розпочали вивчення відновлюваних рослинних біоресурсів для енергетичного використання. З початку 90-х років минулого століття з цією метою проведено комплексні дослідження з мобілізації, оцінки та використання рослинних ресурсів.

Велике різноманіття енергетичних культур дозволяє виробляти певний вид біопалива не за рахунок 1-2 культур, вирощування яких призводить до суттєвих порушень сівозмін та екологічної рівноваги в агроценозах, а з використанням значно ширшого їх асортименту.



**Рис. 4.** Ресурсний потенціал енергетичних рослин, зібраний в Національному ботанічному саду ім. М.М.Гришка НАН України залежно від напряму використання на біопаливо (522 таксонів)

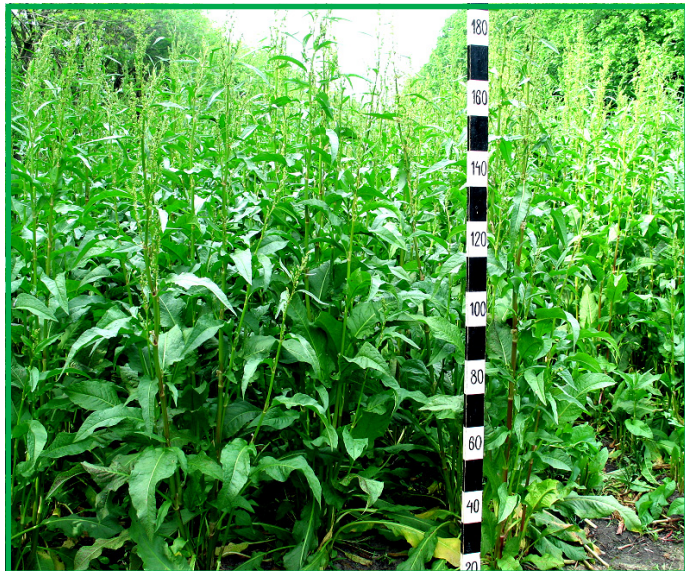


Рис. 5. Щаєнат, сорт Бієкор-1



Рис. 6. Сильфій пронизаноллистий, сорт Богатир

Для вирощування пропонується набір культур, які є представниками різних ботанічних родин та використання яких у сівознах або поза ними не становить загрози для навколишнього середовища.

На основі вирощування високопродуктивних сортів та гібридів енергетичних культур створено сировинний конвеєр, що дозволяє за рахунок різночасно достигаючих культур подовжити період використання біосировини для виробництва продовольчого значення, культур – від початку вегетаційного періоду до його завершення, а також в пізньоосінній та в зимовий періоди.

Перевага надається багаторічним рослинам з періодом продуктивного довголіття 10-20 років, здатних зростати не лише на родючих полях сівознах, а також на землях, не придатних для вирощування більшості традиційних, особливо продовольчого значення, культур. Вони не являють собою цільові продовольчі культури.

Підібрано культури, з екологічної точки зору безпечні для навколишнього середовища, енергетично та економічно високоефективні, здатні поліпшувати агрономічні та біологічні показники ґрунту, сприяти зменшенню рівня  $CO_2$  в

повітрі. Це рослини, які запобігають ерозійним процесам, захищають поверхню ґрунту від перегрівання під сонячним промінням триваліший період, коли не здатні вегетувати традиційні культури, з високими можливостями фотосинтезу. Більшість із запропонованих культур вирізняються виключною посухо- та зимостійкістю, адаптивністю, стійкістю проти хвороб, шкідників та бур'янів. Це дозволяє зменшити пестицидне навантаження на агроценози, забезпечити екологічну рівновагу в навколишньому середовищі, а також здешевити собівартість виробленого біопалива.

У результаті багаторічної роботи запропоновано класифікацію енергетичних рослин за біоекологічними особливостями та напрямками використання.

У Національному ботанічному саду ім. М.М.Гришка НАН України зібрано один з найбільших в Україні генофондів енергетичних рослин, який нараховує 522 види, сорти та форми рослин (рис. 4). Поряд з інтродуцентами і малопоширеними культурами важливе місце в цьому переліку належить створеним власними зусиллями формам, гібридам та сортам енергетичних рослин.

Україна, яка має унікальні природно-кліматичні умови,



Рис.7. Сильфій суцільнолистий, сорт Ювілейний-90



Рис. 8. Сіда багаторічна, сорт Фітоенергія



**Рис. 9.** Сорго багаторічне, сорт Колумбо

є достатньо сприятливим регіоном для вирощування значної кількості високопродуктивних енергетичних рослин. Протягом останніх років одержано низку важливих результатів з інтродукції, акліматизації, селекції та біотехнології енергетичних рослин та з виробництва нової сировини – альтернативного джерела біопалива.

Розроблено сучасні методи та технології підвищення ККД фотосинтезу за рахунок подовженого використання сонячної енергії за участю холодостійких, зимостійких, високопродуктивних нових енергетичних культур, які інтенсивно вегетують рано весною та пізно восени. За багаторічний період розроблено основи оптимізації продукційного процесу в нових енергетичних рослинах для виробництва необхідної кількості високоякісного біопалива. Оригінальність запропонованих фітоценотичних, інтродукційних, селекційних та біотехнологічних методів підвищення ефективності продукційного процесу в енергетичних рослинах полягає в тому, що вони базуються на біологічній, а не на хімічній інтенсифікації.

Широкі інтродукційні випробовування найперспективніших енергетичних рослин, відібраних із генофонду НБС ім. М.М.Гришка, протягом багаторічного періоду проводяться в



**Рис. 10.** Міскантус цукровітковий, сорт Снігопад

різних регіонах України. Відпрацьовуються основні елементи технології вирощування та використання фітосировини для виробництва різного виду біопалива. На основі розробок з енергетичних рослин у процесі підготовки спеціалістів та магістрів у навчальний процес Національного університету біоресурсів і природокористування України включені дисципліни «Фітоенергетика», «Сировинні та енергетичні культури».

Крім цього, спільні розробки з вивчення видового і сортового різноманіття та використання сировини енергетичних рослин НБС ім. М.М.Гришка проводить з Інститутом харчової біотехнології та геноміки (ІХБГ) НАН України, Інститутом клітинної біології та генної інженерії НАН України (м. Київ), Інститутом сільського господарства Полісся НААН України (м. Житомир), Житомирським національним агроєкологічним університетом (м. Житомир), Інститутом сільськогосподарської мікробіології НААН України (м. Чернігів), Інститутом рослинництва (Чехія, м. Прага), Таврійським державним агротехнологічним університетом (м. Мелітополь), Інститутом землеробства НААН України, Інститутом біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, Херсонським державним аграрним університетом, Національним техніч-



**Рис. 11.** Міскантус гігантський, сорт Гулівер



**Рис. 12.** Просо прутоподібне, сорт Зоряне



Рис. 13. Міскантус китайський, сорт Велетень

ним університетом України „Київський політехнічний інститут”, Донецьким ботанічним садом НАН України, Львівським Національним університетом ім. І.Франка.

На принципах високої адаптаційної здатності, фотосинтетичного та продукційного потенціалу енергетичних рослин різними селекційними методами створено близько 30 високопродуктивних сортів з великою врожайністю біомаси для використання сировини на тверде паливо та біогаз (рис.5-13).

Розроблено енергоощадні технології вирощування рослинної сировини для виробництва біопалива на основі власних сортів. Створено сировинний конвеєр з нових високопродуктивних енергетичних рослин. Запропоновані технології вирощування біоенергетичних рослин дозволяють забезпечити високий вихід умовного біопалива (10-21 т/га) та енергії (70-90 Гкал/га) з урожаєм.

Важливим аспектом біоенергетики є те, що для забезпечення розміреної роботи переробного обладнання потрібне безперебійне надходження біомаси протягом року. Тому надзвичайно важливе значення має створення сировинного конвеєра енергетичних культур. Нами запропоновано такий конвеєр, який забезпечує безперебійне надходження біомаси від ранньої весни до пізньої осені та, навіть, у зимовий період.

Поряд з деякими традиційними культурами значне місце у цьому конвеєрі займають нові та малопоширені культури, зокрема щавнат, сільфій, сіда, сорго багаторічне, козлятник.

Щавнат, як ультрарання культура, перша розпочинає

Таблиця 1.

Порівняльна характеристика продуктивності перспективних енергетичних культур та вартості твердого біопалива

Вид	Сорт	Період надходження сухої біосировини, дата, місяць	Життєвий цикл, років	Врожайність надземної маси, т/га	Вихід умовного біопалива, т/га	Вихід енергії з надземної маси, Гкал/га	Вартість твердого біопалива (гранули, брикети) з 1 га в ЄС, тис. євро
Сіда багаторічна	Фітоенергія	25.08-25.09	15-20	80-120	15-21	86,80	2,85-3,99
Щавнат	Румекс О -2	25.06-20.07	8-10	70-100	10-20	79,90	1,90-3,80
Сільфій пронизанолистий	Богатир	10.09-15.10	15-25	80-130	15-20	84,46	2,85-3,80
Сорго багаторічне	Колумбо	15.09-20.10	8-10	60-80	10-17	74,90	1,90-3,23
Свербига східна	Олімпійська	10.08-10.09		60-80	9-15	76,56	1,71-2,85
Козлятник східний	НБС-75	25.07-25.08	10-15	70-80	10-12	75,77	1,90-2,28
Хатьма тюрингська	Стugna-1	20.08-10.09	5-8	60-80	12-15	78,90	2,28-2,85
Соняшник бульбистий	Старт	15.09-20.10	8-10	85-90	14-18	82,82	2,66-3,42
Міскантус цукроквітковий	Снігопад	01.09-01.10	10-25	50-55	15-17	64,5	2,85-3,23
Міскантус китайський	Велетень	25.09-20.10	10-25	75-82	25-30	113,3	4,75-5,70
Міскантус гігантський	Гулівер	25.09-20.10	10-25	63-68	18-21	88,0	3,42-3,99
Просо пругоподібне	Зоряне	25.09-20.20	10-15	45-55	12-15	85,71	2,28-2,85

енергетичний конвеєр. За часом це припадає на другу декаду травня, коли формується повноцінна фітомаса з максимальним виходом сухої речовини з одиниці площі. В цей період фітомасу ефективно використовувати для отримання біогазу.

Другий період використання щавнату припадає на першу половину липня, коли рослини формують повноцінне достигле насіння. В цей час рослини висихають повністю на корені, що дозволяє мінімізувати витрати на висушування фітомаси для використання на тверде біопаливо.

За багаторічний період сорти нових енергетичних культур нашої селекції в різних кліматичних зонах України забезпечили досить високу продуктивність за використання сировини на тверде паливо (табл. 1).

Вони продуктивно використовуються від 6-8 до 15-20 років та щорічно забезпечують вихід до 20 т/га абсолютно сухої речовини, 12-15 т/га умовного біопалива з калорійністю від 3400 до 4500 Ккал/кг. Як енергетичні рослини, сорти окремих культур пройшли успішні випробування в Чехії, Словаччині, Польщі (щавнат у 2005 р. зареєстровано в Євросоюзі як енергетична рослина, номер реєстрації розробки 2005/0758).

Зазначені високопродуктивні багаторічні культури не потребують особливих матеріально-технічних та енергетичних витрат на виробництво сировини, характеризуються багаторазовим відчуженням надземної маси протягом вегетації (за рахунок високої регенеративної здатності), високим коефіцієнтом розмноження насіння чи вегетативним шляхом, стійкістю проти шкідників, хвороб та бур'янів та економічною ефективністю.

Таким чином, аналіз біологічних ресурсів для виробництва біопалива в Україні свідчить про те, що є великі потенційні можливості для суттєвого поліпшення енергозабезпечення за рахунок нових та малопоширених енергетичних рослин. На сьогодні в Україні створена одна з найбагатших колекцій енергетичних рослин для виробництва твердого біопалива (227 таксонів) та високопродуктивні сорти (15). За енергетичним потенціалом ці рослини конкурують з кращими світовими аналогами і забезпечують великий вихід умовного палива та енергії. Результати п'ятирічного досвіду свідчать про високу енергетичну та економічну ефективність переведення оранжерейного комплексу, будівель і споруд НБС на альтернативне опалення за рахунок твердопаливних котлів вітчизняного виробництва у порівнянні з централізованим опаленням.

#### Список використаної літератури

- 1 Біологічні ресурси і технології виробництва біопалива / Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетука, Г.П. Григорюк та ін. – К.: Аграр Медіа Груп, 2010. – 403 с.
- 2 Біомаса як паливна сировина / Г.Г. Гелетука, М.М. Жовмір, Є.М. Олійник та ін. // Пром. Теплотехніка. – 2011. – Т. 33. – №5. – С. 76–84.;
- 3 Блюм Я.Б. Біологічні ресурси і технології для виробництва різних видів біопалив / Я.Б. Блюм, О.М. Левчук, Д.Б. Рахметов, С.Д. Рахметов // Вісник НАН України. – 2014. – № 11. – С.64-72
- 4 Возобновляемые растительные ресурсы / Д. Шпаар, Д. Драгер, С. Каленская, Д. Рахметов; под общ. ред. Д. Шпаар. – СПб.: Пушкин, 2006. – Т. 1. – 416 с.
- 5 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – Изд.5-е, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1986. – 351 с.
- 6 Железная Т.А. Энергетические культуры как эффективный источник возобновляемой энергии / Т.А. Железная, А.В. Морозова // Пром. теплотехника. – 2008. – Т. 30, № 3. – С. 60–76.
- 7 Заіменко Н.В. Використання альтернативних джерел енергопостачання в Національному ботанічному саду ім.М.М.Гришка НАН України / Н.В. Заіменко //Вісник НАН України. – 2015. – № 5. – С. 48-49.
- 8 К 2050 году биотопливо займет 80% рынка топлив ЕС. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.bioethanol.ru/bioethanol/news/k\\_2050\\_godu\\_bioplivo\\_zajmet\\_80\\_rynka\\_topliv\\_es/](http://www.bioethanol.ru/bioethanol/news/k_2050_godu_bioplivo_zajmet_80_rynka_topliv_es/)
- 9 Коротких А.А. Мировой рынок биотоплива: состояние и перспективы / А.А. Коротких //Россия и Америка в XXI веке. – №2. – 2008 – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rusus.ru/?act=read&id=88>
- 10 Крищенко В.П. Методы оценки качества растительной продукции / В.П. Крищенко – М.: Колос, 1983. – 192 с.
- 11 Основные тенденции развития рынка биотоплива в мире и России за период 2000-2012 годов. Аналитический отчет. – ОАО «Корпорация «Развитие», 2013. – 44 с.
- 12 Рахметов Д.Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні / Д.Б.Рахметов. – К.: Аграр Медіа Груп, 2011. – 398 с.
- 13 Роїк М. В. Концепція виробництва твердого біопалива з біоенергетичних рослин в Україні / М.В. Роїк, О.М. Ганженко, В.Л. Тимощук // Біоенергетика. – 2015. – № 1. – С. 5-8.
- 14 Система використання біоресурсів у новітніх біотехнологіях отримання альтернативних палив / Я.Б. Блюм, І.П. Григорюк, К.В. Дмитрук та ін. – К.: Аграр Медіа Груп, 2014. – 360 с.
- 15 Dale B. Cumulative energy and global warming impact from the production of biomass for biobased products / B. Dale, S. Kim // Journal of Industrial Ecology. – 2004. – Vol. 7, N 3-4. – P. 147–162.
- 16 Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2007. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fao.org/docrep/007/j4504e/j4504e07-.htm5>.
- 17 Global Status Report 2013 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.unep.org/pdf/GSR2013.pdf>.
- 18 Renewables Information (2013) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://wds.iea.org/wds/pdf/Documentation-%20for%20Renewables-%20Information%202013.pdf>
- 19 The handbook of biomass combustion and co-firing / Ed. by S. van Loo, J. Koppejan. – London; Sterling, VA: Earthscan, 2008. – 464 p.

#### Анотація

Наведено дані щодо біологічних ресурсів для виробництва біопалива в Україні та потенційні можливості для поліпшення енергозабезпечення за рахунок нових та малопоширених рослин. У НБС ім. М.М. Гришка зібрано колекцію енергетичних рослин для виробництва твердого біопалива (227 таксонів), на основі яких створено 15 високопродуктивних сортів. Визначено, що за енергетичним потенціалом окремі багаторічні рослини конкурують з кращими світовими аналогами і забезпечують великий вихід умовного палива та енергії. Показано результати п'ятирічного досвіду, які свідчать про високу енергетичну та економічну ефективність переведення оранжерейного комплексу, будівель і споруд НБС на альтернативне опалення за рахунок твердопаливних котлів вітчизняного виробництва у порівнянні з централізованим опаленням.

#### Анотация

Приведены данные по биологическим ресурсам для производства биотоплива в Украине и потенциальные возможности для улучшения энергообеспечения за счет новых и редких растений. В НБС им. М.М. Гришко собрана коллекция энергетических растений для производства твердого биотоплива (227 таксонов), на основе которых создано 15 высокопроизводительных сортов. Определено, что в соответствии с энергетическим потенциалом отдельные многолетние растения конкурируют с лучшими мировыми аналогами и обеспечивают большой выход условного топлива и энергии. Показаны результаты пятилетнего опыта, которые свидетельствуют о высокой энергетической и экономической эффективности (по сравнению с централизованным отоплением) перевода оранжерейного комплекса, зданий и сооружений НБС на альтернативное отопление за счет твердотопливных котлов отечественного производства.

#### Annotation

Data on biological resources for biofuel production in Ukraine and the potential for improving energy supply with application of new and rare plants are presented. In the Hryshko National Botanic Garden, there is a collection composed of energy plants for the production of solid biofuels (227 taxa) based on which 15 high-performance cultivars were selected. We determined that the energy potential of some perennial plants could compete with the best world analogues and provide a large output of conventional fuel and energy. The results of five-year experience on high energy and economic efficiency of transferred greenhouse complex, administrative buildings of NBG on alternative heating by solid fuel boilers of domestic production compared with the central heating are shown.