

АГРОПРОМИСЛОВІ ЕНЕРГЕТИЧНІ ПЛАНТАЦІЇ – МАЙБУТНЄ УКРАЇНИ

РОЇК М. В. - доктор с.-г. наук, професор, академік НААН України, директор Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України
ЯГОЛЬНИК О.Г. редактор журналу «Цукрові буряки»

Характеристика й загальнодержавне значення проблеми. Україна лише частково забезпечує себе власними енергоресурсами і змушена імпортувати близько половини викопних енергоносіїв. Так, у докризовому 2013 році було імпортовано енергоносіїв (здебільшого природного газу та нафтопродуктів) на суму близько \$ 21,8 млрд. Таким чином, сучасна енергетична політика України значною мірою базується на імпорті енергетичної сировини, ціна на яку постійно зростає, і ця тенденція буде посилюватися з року в рік, оскільки видобуток викопних джерел енергії скорочується і в найближчій перспективі запаси цих енергоносіїв будуть вичерпані. Тому освоєння нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії в Україні слід розглядати як важливий фактор підвищення рівня енергетичної безпеки та зниження антропогенного впливу енергетики на довкілля.

З огляду на аграрну спрямованість економіки країни та сприятливі ґрунтово-кліматичні умови для вирощування рослин, найперспективнішим сегментом відновлювальної енергетики

для України є біоенергетика. До основних переваг рослинної біомаси як джерела енергії можна віднести екологічну чистоту викидів порівняно з викопними видами палива, відсутність негативного впливу на баланс вуглекислого газу в атмосфері. Під час згоряння біопалива на основі рослинної біомаси в атмосферу викидається менше вуглекислого газу, ніж поглинається рослинами в процесі фотосинтезу, утворюється в 20...30 разів менше оксиду сірки і в 3...4 рази менше золи в порівнянні з вугіллям. Побічним продуктом у процесі виробництва рідкого та газоподібного біопалива і в результаті згоряння твердого біопалива є органічна речовина, яку можна використувати в якості добрив.

Вирощування біоенергетичних культур, виробництво та використання біопалива створює додаткову зайнятість сільського населення та є джерелом доходу, зокрема, в сільській місцевості, де гостро відчувається нестача робочих місць.

На розв'язання цих завдань і була спрямована комплексна проблема «Розроблення і впровадження у виробництво сталих технологій вирощування і

техн. наук **О.М. Ганженко** (ІБКІЦБ), канд. с.-г. наук **М.Я. Гументик** (ІБКІЦБ), канд. с.-г. наук **В.М. Квак** (ІБКІЦБ), керівник ТЗОВ «Наукове виробниче об'єднання «Екотех» **В.А. Якубовський**, директор компанії ТОВ «Салікс Енерджі» **І.В. Гнап** - обґрунтував шляхи її реалізації й визначив етапи (три) для досягнення мети: 1 отримання сировини для виробництва біопалива; 2 виробництво твердого біопалива; 3 виробництво твердопаливних котлів.

Перший етап - розробка та впровадження сталих технологій вирощування біоенергетичних рослин, як дешевої, екологічно-безпечної та якісної сировини для виробництва біопалива.

На даний час в Україні сировиною для виробництва твердого біопалива здебільшого є відходи деревообробної промисловості (тирса, тріска), солома зернових і зернобобових культур, соняшникова лузга, тощо. Надходження такої сировини нестабільне й носить сезонний характер, що негативно впливає на ефективність роботи заводів з виробництва твердого біопалива. Тому науковці зробили акцент саме на вирощування нових видів високопродуктивних дерев та багаторічних енергорослин, що дасть змогу щорічно отримувати необхідну кількість біомаси.

Ґрунтово-кліматичні умови більшості регіонів України є сприятливими для вирощування багаторічних енергетичних рослин групи C_4 , здатних інтенсивно трансформувати енергію сонця в енергомістку біомасу. Ці рослини не вимагають до родючості ґрунту, не потребують значного використання добрив та пестицидів, запобігають ерозії ґрунту, сприяють збереженню та покращанню агроєкосистем та забезпечують низьку собівартість біомаси. Отже, енергетичні рослини можна культивувати на малопродуктивних землях, яких в Україні



перероблення біомаси енергетичних культур та використання твердого біопалива як альтернативи викопним джерелам енергії», робота над якою тривала упродовж 2007 - 2014 років. Авторський колектив із декількох наукових установ і підприємств, що забезпечують випуск устаткування для виробництва альтернативних видів палива, - доктор с.-г. наук, професор, академік НААН України **Я.М. Гадзало** (НААН України), доктор с.-г. наук, професор, академік НААН України **М.В. Роїк** (ІБКІЦБ), доктор с.-г. наук, професор **В. М. Сінченко** (ІБКІЦБ), доктор біол. наук, член-кореспондент НАН України **Н.В. Заїменко** (Національний ботанічний сад ім. М.М.Гришка), канд. -

згідно зі статистичними даними налічується понад 8 млн.га.

До таких рослин належить **міскантус** (*Miscanthus*) багаторічна злакова культура, яку впродовж багатьох років вирощують в Америці та Західній Європі як джерело біоенергії. За рахунок високої врожайності сухої біомаси (до 25 т/га), високої теплотворної здатності (5 кВт/год/кг або 18 МДж/кг), низької природної вологості стебел на час збирання (до 25%) міскантус є найефективнішою порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами рослиною для виробництва твердого біопалива. Одна тонна сухої маси міскантуса еквівалентна 400 кг сирої нафти, 1,7 т деревини, 515 м³ природного газу, або 620 кг кам'яного вугілля. Стебла міскантуса можуть бути заввишки до 4 метрів і містять 64...71 % целюлози, що обумовлює його високу енергетичну цінність.

Цивілізовані країни світу давно й успішно розвивають сферу міскантуса. Інтенсивні дослідницькі роботи з цією культурою проводяться в Німеччині, Великобританії, Італії, Франції, Іспанії, Польщі ще з початку 80-х років ХХ ст. У 1994 році започатковано й низку міжнародних проектів із вирощування міскантуса та створення комплексних підприємств, які, крім виробництва енергії (теплової, електричної), вирощують необхідну для цього біомасу, самостійно її переробляють на біопаливо і виробляють теплогенеруюче обладнання на твердій біомасі.

Власне, і досвід вирощування міскантуса в Україні свідчить: із агропромислової плантації міскантуса можна вже через два роки після її закладання й упродовж наступних 20 років щорічно збирати з одного гектара по 20...25 тонн сухої маси та виробляти з неї різні види продукції: біопалива (тверді, рідкі, газоподібні), біологічні будматеріали, (наприклад, легкий бетон), волокна для автомобільних кузовних деталей, сировину для виробництва целюлози й технічного паперу, в сільськогосподарських цілях (наприклад, компост у тваринництві чи корм для великої рогатої худоби), в декоративному квіткарстві, для виготовлення ізоляційних матеріалів. Можливе її застосування й для зміцнення ґрунтів, поліпшення екологічного стану навколишнього середовища - збільшення біологічного різноманіття дикої природи, включаючи птахів і ссавців, тощо.

В ІБКІЦБ створено нові високопродуктивні адаптовані до умов України сор-



Міскантус (*Miscanthus x giganteus* L)

ти міскантуса: Осінній зорецвіт, Місячний промінь та Снігова королева. Розроблено спосіб клонального мікророзмноження міскантуса в культурі in-vitro (Патенти 76088, 77117, 77118, 77119, 78943, 79700, 79701, 79703, 79704, 80647) і механізовану технологію вирощування цієї культури (Патенти 76084, 76087, 91517, 97286); розроблено та виготовлено спеціальний агрегат для висаджування ризомів міскантуса (Патент 75541). Спільно з компанією Енерго-Аграр закладено виробничі плантації міскантуса у Хмельницькій області, а в системі дослідно-селекційних станцій та дослідних господарств ІБКІЦБ - розсадники для розмноження міскантуса.

Новою перспективною енергетичною культурою для України є також просо пруткоподібне або **світчграс** (*Panicum virgatum*), що належить до багаторічних злакових культур. Світчграс походить з Північної Америки і росте в природних



Просо пруткоподібне «Світчграс» (*Panicum virgatum* L)

умовах як трава прерій. Але з початку 90-х років у США та Канаді світчграс почали розглядати в якості багаторічної енергетичної культури, сировина якої використовується для виробництва твердого біопалива, а також для целюлозної промисловості. Світчграс невимогливий до вологості та поживних речовин, має високу природну стійкість до хвороб і шкідників, що дозволяє отримувати стабільні врожаї сухої біомаси на малопродуктивних еродованих землях. Висота рослин світчграсу, вирощеного в зоні недостатнього зволоження України, коливається від 1,0 до 2,5 м, а врожайність сухої біомаси від 7 т/га до 14,2 т/га залежно від сортових особливостей. За відповідного догляду за рослинами врожай біомаси світчграсу можна збирати впродовж 15 років.

Науковцями ІБКІЦБ створено вітчизняний сорт світчграсу Морозко, а також розроблено технологію прискореного розмноження цієї культури (Патент 79702). Розроблено адаптовану до ґрунтово-кліматичних умов України технологію вирощування світчграсу (Патент 74261, 92284). На дослідно-селекційних станціях мережі ІБКІЦБ закладено багаторічні плантації різних сортів світчграсу, які успішно функціонують з 2007 року.

Серед швидкоростучих дерев, біомаса яких може використовуватись на тверде біопаливо, найкраще підходять **верба** виду прутковидна (*Salix viminalis*). Верба як енергетична культура, вирощується в багатьох європейських країнах - Швеції, Англії, Ірландії, Польщі, Данії та інших. Найбільші плантації на даний час закладені у Швеції (до 20 тис.га) та Польщі (понад 6 тис.га). Верба не вибаглива до наявності поживних речовин у ґрунті, може рости на малородючих та кислих землях, хоча й потребує багато вологості. Тому плантації енергетичної верби доцільно закладати в зоні достатнього зволоження або у заплавах рік чи інших водойм з високим рівнем залягання ґрунтових вод. Середній річний приріст верби прутковидної в умовах України - 1,5...2,0 м. Урожай біомаси збирається кожні 2-3 роки впродовж 7-8 циклів. Основними компонентами біомаси енергетичної верби, що визначають її теплотворну здатність, є целюлоза, геміцелюлоза і лігнін, які разом складають до 99% сухої маси деревного матеріалу.

Селекціонерами ІБКІЦБ створено базові компоненти енергетичної верби, які використовуються для виведення високопродуктивних вітчизняних сортів

цієї культури. Розроблено технологію та технічні засоби для промислового вирощування верби на енергетичні цілі (Патент 89472). За наукового супроводу вчених компанія Salix Energy вирощує енергетичну вербу у Волинській області на площі 1700 га.

Варто зазначити: останнім часом у засобах масової інформації нав'язується думка, що найбільш перспективною і дешевою сировиною для виробництва твердого біопалива в Україні є солома зернових культур. Це призвело до стрімкого зростання частки солом'яних пелетів на ринку. Разом з тим, нашими дослідженнями встановлено, що із соломкою з ґрунту виноситься значна кількість макро- та мікроелементів, що негативно впливає на його родючість. Для повернення в ґрунт поживних речовин, які були винесені однією тонною соломи, необхідно внести на гектар 42 кг діючої речовини добрив на суму до 600 грн/га.

Екологічні переваги вирощування багаторічних енергетичних культур поза будь-якими сумнівами. Вирощування багаторічних енергетичних культур забезпечує значне надходження органічних речовин у ґрунт кореневою системою та післязливними рештками, що сприяє підвищенню родючості ґрунту. Так, за дослідженнями, проведеними на Ялтушківській дослідно-селекційній станції ІБКІЦБ НААН за 5 років вирощування світчграсу (2008-2012 рр.) запаси органічної речовини в орному шарі ґрунту зросли на 10 т/га, що підвищило вміст гумусу на 0,1 %.

Особливістю, наприклад, рослин міскантусу є те, що його стебла не накопичують зольних елементів і важких металів. За рахунок цього, міскантус може впродовж 20 років вирощуватись на одному полі, не зменшуючи його родючість. Біомаса зі стебел міскантусу, за рахунок високого вмісту целюлози та низького вмісту важких металів, ідеально підходить для виробництва твердого біопалива.

Крім того, за рахунок потужної кореневої системи вирощування багаторічних злакових культур сприяє зменшенню ерозійних процесів, що дозволяє вирощувати ці культури на схилах.

Другий етап роботи полягає в розробці й впровадженні технологій виробництва твердого біопалива на основі сировини біоенергетичних культур. Збирання біоенергетичних культур передбачає подрібнення біомаси на тріску завдовжки близько 40 мм, яка може використовуватись в якості біопалива для

більшості твердопаливних котлів, обладнаних системою автоматичної подачі палива у камери згоряння. Однак, у разі транспортування на значні відстані, використання тріски біоенергетичних культур стає малоефективним через її низьку насипну щільність. Так, насипна маса тріски міскантусу становить 0,117 т/м³. Для паливних гранул виготовлених з міскантусу цей показник становить 0,650 т/м³, тобто 1 тонна тріски займатиме у 5,5 раза більший обсяг порівняно із паливними гранулами. Тому, для зменшення витрат на транспортування і зберігання вирощену й зібрану біомасу енергетичних рослин доцільно переробляти у паливні гранули (пелети) або брикети.

З цієї метою на базі науково-виробничого об'єднання «Екотех» збудовано три заводи (Рівненська, Київська та Чернігівська обл.) з виробництва

воляє опалити приміщення площею до 6000 м².

На сьогоднішній день у рамках проекту виготовлено та встановлено близько 50 таких водогрійних котлів, які успішно експлуатуються в Київській області. Змонтовано 15 котелень на базі котлів власного виробництва, сумарною потужністю 25,5 МВт (Ліцензія НКРЕ №1550 від 29.11.2012 р.). Потужність встановлених котельних підприємств - 80 000 Гкал теплової енергії за рік. Це дозволяє щорічно замінювати 10,5 млн.м³ природного газу.

Розроблені твердопаливні котли мають просту, а, отже, надійну й легку в експлуатації конструкцію. Автоматизований процес завантаження палива та регулювання процесу горіння забезпечує коефіцієнт корисної дії котла більше 90%. Впроваджено диспетчеризацію роботи котлів за допомогою GSM модуля, що відповідає кращим світовим аналогам. Автоматизація котлів виконана на базі контролера та газоаналізатора продуктів згоряння, аналогів якій немає серед національних виробників цієї продукції.

Розробка біотехнологічних методів розмноження біоенергетичних культур здійснювалась у лабораторії біотехнології. Розробка технологічних процесів і технічних засобів для вирощування біоенергетичних культур проводилась у відділі технологій вирощування біоенергетичних культур ІБКІЦБ, розробка технологій і технічних засобів

для виробництва біопалива - у лабораторії технологій вирощування та перероблення біоенергетичних культур на біопаливо.

Оцінка теплотворної здатності різних видів біопалива проводилась у Національному ботанічному саду ім. М.М.Гришка. Усі лабораторії обладнані сучасним обладнанням, що дозволило ефективно й оперативно проводити необхідні дослідження.

Науково-технічний рівень створеної і впровадженої продукції не поступається кращим іноземним зразкам. Створені нові сорти біоенергетичних культур та технології їх вирощування за рахунок адаптованості до ґрунтово-кліматичних умов України забезпечують вищий вихід біомаси з одиниці площі порівняно з іноземними сортами.

Ступінь новизни та патентна захищеність роботи полягають у тому, що вперше створено нові високопродуктивні сорти біоенергетичних культур та розроблено способи їх розмноження (включаючи біотехнологічні); оптимізовано параметри технологічних процесів і технічних засобів для сталого вирощування біоенергетичних культур; розроблено конст-



Енергетична верба (*Salix viminalis L*)

твердого біопалива загальною потужністю 18 тис.т/рік.

Третій етап роботи був спрямований на розробку та налагодження серійного виробництва твердопаливних котлів. В Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків спільно з ТОВ НВО «Екотех» розроблено та на науково-виробничій базі інституту налагоджено виробництво твердопаливних котлів КВу-0,3(м) та КВу-0,5(м) для отримання теплової енергії при спалюванні біопалива у вигляді гранул, виготовлених з біомаси енергетичних культур, органічних та дерев'яних відходів (Патент 56362), що можуть використовуватись для опалювання житлових приміщень, промислових об'єктів, зерносушильних камер з метою одержання дешевої теплової енергії.

Котли типу КВу призначені для спалювання твердого палива у вигляді гранул з біоенергетичних культур (міскантусу, світчграсу, верби та інш.), лушпиння, соломи або дерев'яних відходів, що дозволяє автоматизувати процес подачі палива до камери згоряння. Котел КВу-0,5(м) потужністю 500 кВт, доз-

рукцію та налагоджено серійне виробництво високотехнологічних твердопаливних котлів. Усі ноу-хау, які мають місце у роботі, захищені 20 патентами України.

Практична цінність роботи для підприємств, окремих галузей промисловості та національної економіки в цілому полягає в заміщенні імпортованих викопних енергоносіїв (природного газу, нафтопродуктів, вугілля) біопаливом власного виробництва. Децентралізований розвиток застосування біопалива може, зокрема, сприяти поліпшенню місцевої економіки. За рахунок вирощування біоенергетичних культур, виробництва та використання біопалива з місцевих ресурсів створюються нові робочі місця у сільських місцевостях. Це стосується, перш за все, таких галузей, як сільське господарство, енергетика, логістика, інженерні послуги та будівництво. Попит на біомасу створює нові можливості збуту для сільськогосподарських підприємств, що, в свою чергу, веде до більш надійного планування і створює додаткові джерела прибутку. Тобто, робота сповна відповідає стратегічним пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки та інноваційної діяльності на 2011-2021 роки, що визначені в ЗУ «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» і ЗУ «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки». Це:

- освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії;

- технологічне оновлення та розвиток агропромислового комплексу;

- широке застосування технологій більш чистого виробництва та охорони навколишнього природного середовища;

- енергетика та енергоефективність;

- раціональне природокористування).

Загальна вартість проекту - 129,7 млн. грн., у тому числі: проведення наукових досліджень - 26,7 млн. грн., дослідно-конструкторські розробки - 50 млн. грн., підготовка дослідного виробництва і випуск дослідної та дослідно-промислової партії інноваційного продукту - 25 млн. грн., створення промислового виробництва - 28 млн. грн.

Джерела та умови фінансування: власні кошти - 129,7 млн.грн. (бюджетні кошти 26,7 млн.грн., власні кошти інвесторів 103 млн.грн.)

Термін окупності плантацій біоенергетичних культур - від 5 до 10 років (залежно від вартості тріски), заводів з виробництва біопалива від 2 до 3 років (залежно від вартості сировини та ціни на тверде біопаливо), твердопаливних котлів від 1 до 2 років (залежно від вартості біопалива та ціни природного газу або іншого викопного енергоносія, який



Пінак (*Brassica campestris*)

замінюється біопаливом). Індекс прибутковості 2,4.

Одне слово, зроблено важливий крок для вирішення проблеми забезпечення національної економіки альтернативним паливом на основі рослинної сировини.

Підсумовуючи викладене вище, можна зробити висновок: об'єднання зусиль національних учених і практиків для комплексного розв'язання основоположної проблеми біоенергетики, що враховує всі її ланки - створення нових сортів енергетичних культур, серійного обладнання та промислових технологій для виробництва й використання біопалив і розширення при цьому сільгоспвиробництва в цілому - принесли вагомий виробничі результати.

По-перше, закладено плантації біоенергетичних культур, яких досі не було в Україні: площа енергетичної верби займає 1700 га, міскантусу 212 га, світчграсу 5 га.

По-друге, майже на 30 га утворено



Тополя (*Populus alba*)

розсадники розмноження енергетичних культур.

По-третє, збудовано 3 заводи з виробництва твердого біопалива загальною потужністю 18 тис.т/рік - у м. Рівне (продуктивність 6 тис.т./рік), м. Тетіїві (продуктивність 6 тис.т./рік) і м. Славутич (продуктивність 6 тис.т./рік).

По-четверте, виготовлено та встановлено 49 водогрійних котлів (Київська, Черкаська та Чернігівська обл.). Змонтовано 15 котелень, сумарною потужністю 25,4 МВт на базі власних водогрійних котлів (5 котелень у м. Макарів потужністю 4,3 МВт, 4 котельні у м. Київ потужністю 6 МВт, 2 котельні у м. Тетіїві потужністю 1,5 МВт і по одній котельні у містах Славутич, Ічня, Переяслав-Хмельницький та Сміла потужністю 13,6 МВт). Потужність встановлених котельних підприємств дозволяє щорічно виробляти 80 000 Гкал теплової енергії і замінювати за цей період 10,5 млн.м³ природного газу.

По-п'яте, відпрацьовано експортні поставки тріски та посадкового матеріалу енергетичної верби до країн Західної Європи.

По-шосте, введено в дію близько 4 тисяч робочих місць, у т.ч. понад 2,5 тис., створених додатково для впровадження інноваційної технології.

Є й інші види ефектів. Зокрема, за рахунок заміни викопних енергоносіїв біопаливом покращується екологічний стан довкілля, зменшуються викиди парникових газів. Вирощування багаторічних біоенергетичних рослин на малопродуктивних землях зменшує еродованість земель, підвищує їх родючість. Нові робочі місця, пов'язані із вирощуванням біоенергетичних культур, виробництвом і використанням біопалива, створюються переважно в сільській місцевості. Заміна імпортованих викопних енергоносіїв біопаливом власного виробництва покращує зовнішній торговельний баланс, підвищує рівень енергетичної, економічної та політичної незалежності України.

У 2015 році масштабну й пріоритетну роботу науковців та виробничників «Розроблення і впровадження у виробництво сталих технологій вирощування і перероблення біомаси енергетичних культур та використання твердого біопалива як альтернативи викопним джерелам енергії» (2007-2014 рр.), які вперше в історії України відпрацювали теорію й практику формування науково-технологічного ланцюга «енергетична плантація - виробництво обладнання переробки - використання відновлюваних джерел енергії» й зробили реальний, можна сказати, революційний прорив у розвитку нової національної біоенергетичної галузі науки й економіки, висунуто на здобуття Державної премії України.