



## ПРОЄКТ РОКУ

**АГРО-ЕНЕРГЕТИЧНА КОМПАНІЯ «SALIX ENERGY»**

(директор агроенергетичної компанії "Salix energy" Ірина Гнап) створена в 2010 році, основним видом діяльності визначила вирощування енергетичної верби для виробництва біомаси. Кінцевим продуктом компанії є деревна тріска з енергетичних плантацій верби, яка може використовуватися для виробництва як теплової, так і електричної енергії. Перші плантації компанії були

закладені в 2010 році, а в 2014 році був отриманий перший промисловий урожай. Компанія першою в Україні почала експорт деревної тріски з енергетичних плантацій для покупців Польщі та для твердопаливних котелень в Україні. У 2014 в співпраці з компанією «Аванті-Девелопмент» побудувала 3 біопаливних котельні, що дозволило повністю відмовитися від використання газу для опалення в смт. Іваничі. Станом на 2015 рік компанія висадила близько 1700 га енергетичних плантацій і є однією з найбільших компаній у цьому виді діяльності в Європі. Компанія активно співпрацює й підтримує контакти з провідними гравцями та дослідницькими центрами в світі: Rothamsted Research (Англія), Salix Energi (Швеція), Nyvraa Bioenergy (Да-



нія), Інститутом біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (Україна) та ін. На сьогоднішній день компанія має свою дослідно-виробничу базу площею понад 5 га і повний комплект власної техніки, що дозволяє забезпечити весь спектр робіт з вирощування енергетичних рослин - від підготовки, висадки плантацій, догляду за ними, до промислового збору врожаю.

УДК 620.952

# ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕРОБЛЕННЯ БІОМАСИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА БІОПАЛИВО

ГУМЕНТИК М. Я. - кандидат с.-г. наук, с. н. с., Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

**Вступ.** Технічний і соціальний прогрес розвитку в суспільстві об'єктивно призвів до енергетичних, економічних та екологічних проблем, пов'язаних із виснаженням викопних паливних ресурсів і постійним зростанням їх вартості. Для вирішення даних проблем науковцями ведеться активний пошук ефективного використання альтернативних поновлюваних джерел енергії. Однією з найперспективніших складових відновлювальної енергетики стає біоенергетика, заснована на використанні енергії біомаси, використання якої не призводить до підсилення глобального парникового ефекту. У зв'язку з цим необхідний розвиток всіх можливих напрямків біоенергетики з урахуванням наявних природних ресурсів у різних регіонах. Однак при цьому повинна здійснюватися різнобічна ефективна техніко-економічна оцінка переваг та недоліків різних технологій виробництва біомаси, перероблення її на біопаливо і подальше його використання.

**Постановка проблеми.** Україна в силу своїх ґрунтово-кліматичних умов і структури земельних угідь має значні потенціальні можливості та реальні резерви для розвитку рослинної біоенергетики, але, на жаль, значно відстає в даній сфері від розвинених країн заходу, які в останні роки почали нарощувати виробництво біопалива.

В перші роки розвитку біоенергетики в Україні надавалась перевага використанню для виготовлення біопалива з наявної у сільськогосподарському виробництві сировини у вигляді соломки, бадилля, стебел кукурудзи, соняшника, ріпака, відходів деревообробної та лісової промисловості. В даний час відбувається перехід до використання й переробки на біопаливо нових енергетичних культур - світлґрасу, міскантусу, енергетичної верби, тополі, акації та ряду інших. Проводиться пошук і розробка ефективних елементів технології вирощування даних культур, визначається економічна й екологічна ефективність їх використання як окремих видів палива. На черзі постало питання пошуку найбільш ефективного із наявних видів палива, яке б, при рівних енергетичних витратах на його одержання, давало найвищу віддачу при використанні для отримання наступного виду енергії, наприклад, теплової або електричної. Саме тому в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України проводиться пошук і розробка найбільш ефективних технологій використання біомаси для виробництва біопалива, обґрунтовується послідовність дій і перелік основних технічних рішень, пов'язаних із заміщенням викопних видів палива. Особлива увага в дослідженнях приділяється використанню нових біогазових і синтез-газових

технологій для одержання біогазу та синтез-газу в стисненому та зрідженому вигляді, а також отриманню на їх основі моторних палив, виробництва теплової та електричної енергії. [3,5]. Наукові джерела і попередні власні дослідження свідчать про те, що найбільш рентабельним є отримання

Таблиця 1.

Вплив виду сухої речовини на вихід біогазу

Вихідна сировина	Вихід біогазу з 1 кг сухої речовини, л / кг.	Вміст метану в газі, %
Трава	630	70
Деревне листя	220	60
Соснова голка	370	69
Бадилля картопляне	420	60
Стебла кукурудзи	420	53
Полова	615	62
Солома пшенична	340	58
Солома лляна	360	59
Лушпиння соняшника	300	60

енергії шляхом перетворення органічної сировини в газоподібне паливо.

**Мета досліджень.** Метою роботи є визначення та оцінка ефективності використання біомаси енергетичних культур та іншої органічної сировини для перероблення на біопаливо за новими технологіями з високою продуктивністю та низькою собівартістю виробництва.

**Результати досліджень та їх обговорення.** В зв'язку з тим, що науково-технічні розробки в біоенергетиці мають переважно регіональний характер з різними ступенями економічної ефективності, основними напрямками наукових досліджень стали наступні:

- розробка рекомендацій щодо створення індустрії виробництва сировини, біопалив і поставки їх кінцевим місцевим споживачам;

- оптимізація регіональних агротехнологій вирощування та первинної переробки енергетичних рослин і вдосконалення технологій та устаткування для ефективного перероблення біомаси;

- вирощування біомаси поблизу місць її виробництва для здешевлення зберігання та транспортування (вдосконалення процесів і обладнання виробництва біопалива поліпшеної якості, нові технології переробки);

- вдосконалення процесів ферментації та окислення при аеробному і анаеробному зброджуванні за допомогою обладнання з підвищеним ККД.

- застосування новітніх ефективних технологій виробництва синтез-газу з застосуванням СВЧ плазмотронів при високих температурах, тиску та піролізі.

Проблема ефективної переробки та спалювання біомаси досі залишається актуальною в усьому світі. Це пов'язано, в основному, з тим, що біомаса відноситься до низькосортних видів палива з високою вологістю (до 85%), має низьку енергетичну щільність та теплоту згоряння і неоднорідність фракційного складу. Установки для прямого спалювання біомаси мають низький ККД, що не дозволяє на їх основі побудувати стійку енергетичну систему. З відомих технологій утилізації органічних відходів саме піроліз та газифікація привабливі тим, що дозволяють отримувати дешеві енергоносії і зробити економічно доцільними ряд виробництв. При газифікації тільки частина вихідної сировини переходить в газоподібну форму зі зміною хімічного складу під впливом високих температур, каталізаторів та інших фізичних, хімічних і біологічних впливів. Ферментація – хімічний або біохімічний процес перетворення біомаси під впливом ферментів, тобто біохімічних каталізаторів, які можуть прискорювати процеси як асиміляції, так і дисиміляції органічних сполук. В результаті ферментації утворюється горючий газ, що містить в різних пропорціях CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> і т.д.

За хімічним складом біогаз наближений та сумісний з природнім газом-

метаном, один з найбільш поширених і використовуваних біопалив у світі складається із суміші метану 65%, вуглекислого газу 30%, сірководню 1% і незначних кількостей азоту, кисню, водню і вуглецю. Усі технології обробки, транспортування, зберігання, а також модифікації в більш зручні синтетичні види моторного палива є в цілому однакові. Метанове "бродіння", або біометаногенез – європейцями був відкритий ще в 1776 р. Вольтою, який встановив наявність метану в болотному газі. В даний час лідерами з виробництва і використання біогазу виступають Китай та Німеччина. У Німеччині виробництво біогазу стимулюється шляхом інвестиційної підтримки державою, окрім того, протягом значного часу електроенергія, вироблена на біогазі, що поставляється в мережу, оплачується за підвищеним тарифом. Всі процеси отримання біогазу з органічної сировини поділяються на відповідні стадії: попередня підготовка біомаси з використанням низько-потенційного тепла; отримання біогазу; спалювання біогазу та отримання високопотенційної теплової і електричної енергії.

В таблиці 1 наведені цифри виходу біогазу в залежності від виду сировини в сухому вигляді. Оскільки солома зберігається практично в сухому стані, вихід біогазу з 1 т соломи дорівнює 0,340 м<sup>3</sup> при вмісті метану 58%. Таким чином, з однієї тонни соломи можна отримати близько 0,200 м<sup>3</sup> біометану. Обсяг соломи на гектарі після обмолоту зернових становить від 2 до 5 т / га.

У розрахунках при виробництві біогазу використовується термін суха речовина (СР) або сухого залишку (СО). Щоб вирахувати вихід біогазу з конкретної сировини, необхідно визначити вміст жирів, білків і вуглеводів. При визначенні

важливо встановити процентний вміст швидкокорозинних (фруктоза, цукор, сахароза, крохмаль) і важкорозинних речовин (целюлоза, геміцелюлоза, лігнін). На практиці з 1 кг сухої речовини цукрових буряків, силосної кукурудзи, цукрового сорго або сільфію пронизанолістото отримують в середньому від 0,3 до 0,6 м<sup>3</sup> біогазу. Однак біогаз, який виділяється в результаті анаеробного бродіння, в своєму складі містить приблизно 2/3 метану, тому його найперше потрібно застосувати для спалювання в котлах з метою отримання теплової енергії. Рекомендується таке спалювання проводити в звичайних газових котлах, або пальниках, які використовуються для спалювання природного газу або пропан-бутану. Теплотворну здатність біогазу можна виразити в калоріях або джоулях. Але найбільш зрозумілим буде порівняння біогазу за теплотворною здатністю з природним газом. У природному газі міститься 92-98% метану, а в біогазі 55-75%. Співвідношення метану в цих газах виходить 65/95 = 0,68 [1;2].

Важливим продуктом метанового бродіння є залишки, які використовуються в якості біодобрив, що за багатьма показниками в кілька разів є кращими за інші органічні добрива. В них відсутнє насіння бур'янів та патогенна мікрофлора. Основна перевага біодобрив перед традиційними добривами (гній, послід і ін.) щодо елементів живлення – це їх форма, доступність і збалансованість, а також високий урівень гуміфікації органічних речовин, які служать потужним енергетичним матеріалом для ґрунтових мікроорганізмів. Тому, після їх внесення, в ґрунті відбувається активізація азотофіксуючих й інших мікробіологічних процесів. Біодобрива, завдяки своїй формі, починають ефек-



**Рис.1.** Твердопаливний газогенераторний котел СУП-ВТ 80М з водяним теплообмінником для спалювання біомаси, паливної тріски та відходів с.-г. виробництва. Виробник ТОВ «СІОНА».



тивно працювати відразу після внесення.

Наступним перспективним рекомендованим способом перероблення органічної сировини є газифікація методом піролізу, який відбувається шляхом хімічного розкладання вихідних сполук на прості складові під впливом високих температур і відсутності окиснювача. Піроліз – це термічний розклад палива (деструкція), при якому утворюється горючий газ, який тривалий час використовувався для освітлення вулиць міст. Піроліз у присутності водяної пари називають гідропіролізом. В результаті піролізу можуть бути виділені при нормальних умовах тверді, рідкі та газоподібні речовини. Газоподібні продукти піролізу представляють газ, що містить  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$   $Q_{\text{нр}}=12-20$  МДж/м<sup>3</sup>, вихід до 70% від маси сухої сировини при високотемпературному швидкому піролізі. ККД піролізу становить 90%. Здійснення піролізу при високих температурах 1200-1500 °C сприяє глибокій переробці, при якій можливо отримати висококалорійні гази ацетилен, етилен, пропилен, бутадієн. Отримання того чи іншого продукту піролізу визначається вимогами споживача.

Принципи газифікації біомаси були відомі ще з кінця 18 століття. Спочатку дана технологія застосовувалася для постачання газом газових ліхтарів. Під час енергетичної кризи сімдесятих і вісімдесятих років 20 століття газифікація біомаси розглядалася як альтернатива вичерпаним паливам. Крім того, з'явилися газифіковані установки, що застосовувалися для виробництва електричної енергії. Термохімічна газифікація являє собою процес часткового окислення вуглецевої сировини, такої як біомаса, з отриманням газоподібного енергоносія - генераторного газу. Отриманий газ складається з монооксиду вуглецю, водню, метану, діоксиду вуглецю, невеликої кількості вуглеводневих сполук більш високого порядку, таких як метан і етан, містить пари води, азот (при повітряному дутті) та різні домішки, такі як смоли, частинки вуглецевих речовин і золи. Як окиснювачі при газифікації можуть використовуватися повітря, кисень, пара або суміші цих речовин. Максимальна температура процесу становить 800...1300°C. При повітряній газифікації створюється генераторний газ з вищою тепловою згоряння 5...6 МДж / м<sup>3</sup> (низькокалорійний газ). Цей газ можна спалювати в котлах, а після очищення – в газових двигунах або турбінах, але він не придатний для транспортування по трубопроводу через низьку енергетичну щільність. Газифікація з використанням кисню дає синтез-газ калорійністю (10...12 МДж/м<sup>3</sup>), придатний для транспортування по трубопроводу і отримання метанолу та газоліну. При застосуванні парової газифікації може бути отриманий газ із

більшою тепловою згоряння (15 ... 20МДж /м<sup>3</sup>). Досягається це в двостадійному процесі, який реалізується в двох реакторах киплячого шару. [2,4] Світовий досвід експлуатації установок з вихровим киплячим шаром показав, що є можливість спільного спалювання практично будь-яких горючих речовин, у тому числі з високою вологою та зольністю. Основною перевагою при цьому є можливість зниження шкідливих викидів за рахунок зниження температури окислювальних процесів. Конструкції установок і технологічні особливості процесів при переробці різних палив відрізняються, але не принципово. Спільна переробка традиційних палив і біомаси дозволить поєднати переваги різних видів палив (рис 1).

Аналіз досліджень роботи пілотних установок по газифікації різних палив, що містять органічні речовини, показує, що отримання з них рідких нафтопереробних і газоподібних продуктів, твердого палива, є економічно ефективним в порівнянні з переробкою сирової нафти. Особливо слід підкреслити, що поєднання в один технологічний процес утилізації відходів заогенератора дозволить довести використання вуглецю, що міститься в них, практично до 95%.

Газифікація біомаси - це термохімічний процес перетворення органічної сировини (біомаси, відходів с/г. виробництва, деревних відходів і т. д.). Головним чином полягає в перетворенні одного виду твердого палива в піролізний газ (синтез-газ). Даний процес зазвичай використовується для різних видів біомаси і включає часткове згоряння такої біомаси. Процес часткового згоряння відбувається, якщо кількість повітря, що подається ( $\text{O}_2$ ), менше кількості, необхідної для повного спалювання біомаси. Шведський вчений Таннер встановив, що без додаткового палива органічні речовини можуть горіти при вмісті вологи ( $W$ ) не більше 50%, золи ( $A$ ) не більше 60% і горючих речовин ( $C$ ) не менше 25%. На рис.2. наведено, трикутник Таннера, який відображає область горіння органічної речовини без додаткового палива. Згідно даної теорії, нижня межа теплоти згоряння високозольної і вологої органічної речовини, при якому можливе спалювання, відповідає умові:  $W = 50\%$ ,  $A = 25\%$ ,  $C = 25\%$ , отже, основне, щоб зміст вуглецю був більше 25 %. [6].

$$C^p + H^p + O^p + N^p + S^p + A^p + W^p = 100\%$$

Органічні речовини в своєму складі містять вуглець  $C$ , водень  $H$ , сірку  $S$ , кисень  $O$  азот  $N$ , які знаходяться в складних високомолекулярних сполуках. Негорючі домішки при спалюванні перетворюються в золу  $A$  та вологу  $W$ .

Один кілограм паливної тріски деревини енергетичної верби чи тополі можливо перетворити в 2,5-3 м<sup>3</sup> синтез-газу із теплотворною здатністю 1000-1350 ккал / м<sup>3</sup>, який має наступ-

ний склад:  $\text{CO} - 15-20\%$ ,  $\text{H}_2 - 15-20\%$ ,  $\text{CH}_4 - 1-4\%$ ,  $\text{CO}_2 - 8-12\%$ ,  $\text{N}_2 - 45-55\%$ . Він придатний для використання в топках існуючих газових і рідких котлів, спеціальних топкових пристроях і в сушильних камерах для вироблення теплової енергії, а також у поршневіх двигунах, електроагрегатах – замість традиційних нафтових рідких палив для вироблення електроенергії. Незважаючи на невисоку калорійність самого газу, теплотворна здатність його суміші з необхідною для повного згоряння кількістю повітря знаходиться на рівні теплотворної здатності суміші, що утворюється в циліндрах бензинового двигуна. Тому, при заміщенні бензинового палива газом, потужність двигуна не змінюється. Синтез-газ, що отримується на установках високотемпературного піролізу, забаластованих інертними складовими - азотом ( $\text{N}_2$ ) і двоокисом вуглецю ( $\text{CO}_2$ ), які знижують теплотворну здатність газу. Однак наявність інертних складових в суміші, яка подається в дизельний двигун силової електростанції, знижує ймовірність детонаційного (вибухового) згоряння її навіть при наявності такого активного компонента, яким є водень. Швидкість наростання тиску в циліндрах знижується. Також знижується максимальний тиск циклу та вібрація. У поєднанні з паливним газом, що генерується, можна успішно спалювати в бензиновому двигуні рідкі палива з низьким цитановим числом і розширеним фракційним складом, такі як газові конденсати, сира нафта, різні рідкі синтетичні палива, не побоюючись за жорсткість процесу згоряння.

Аналіз досліджень пілотних установок з піролізу та газифікації біомаси на основі органічної речовини, показує, що можливе отримання газоподібного та твердого палива не менше ефективно, ніж при переробці нафти. Перспективним напрямом в електрогенерації є нові розробки українських вчених у використанні СВЧ-технологій із застосуванням плазмотронів, завдяки яким проходить прискорення реакції перетворення органічної речовини в газоподібну фазу при зменшенні енергозатрат в порівнянні зі звичайним нагрівом та піролізом.

#### ВИСНОВКИ

1. Серед широкого спектру технологій перероблення біомаси саме ферментація та газифікація є ефективними та привабливими тим, що дозволяють отримувати екологічно чисте паливо та енергоносії з низькою собівартістю.

2. На формування кон'юнктури національного ринку обладнання для біогазу та термохімічної конверсії біомаси впливають три основні чинники:

- динаміка подорожчання традиційних викопних видів палива;
- інвестиційна криза, наслідком

чого є відсутність на національному ринку іноземних виробників біогазових та газогенераторних установок;

- динаміка розвитку ринку біопалива, яка ініціює швидке зростання попиту на установки і обладнання для виробництва біопалива.

3. У структурі собівартості виробництва продукції енергетична складова має переважне значення. Тому з урахуванням різкого подорожчання та дефіциту висококалорійних енергоносіїв на основі викопних палив виникла необхідність створення технологій і устаткування для отримання теплової та електричної енергії з поновлюваних і місцевих видів палива (відходи с/г виробництва, промислові відходи, біомаса спеціально вирощених біоенергетичних культур), вартість яких в даний час приблизно в 4-6 разів нижче вартості нафтопродуктів.

4. Виробництво енергії з відходів біомаси може бути конкурентноспроможним вже сьогодні, навіть при закупівлях іноземного обладнання. За певних умов, таких як низька вартість сировини, виробництво якісного генераторного газу з відходів біомаси буде більш рентабельним, ніж виробництво традиційних енергоносіїв, вартість яких динамічно зростає. Ефективним обладнанням нового покоління для виробництва енергії служать газові мікротурбіни, які працюють на низькокалорійних піролізних газах різного компонентного складу і які не потребують значної очистки, та біогазі при мінімальних викидах в атмосферу  $\text{NO}_x$ -9  $\text{mg}/\text{m}^3$ ;  $\text{CO}$ -46 $\text{mg}/\text{m}^3$ . Виробниками мікротурбін пропонується широкий діапазон потужностей від 15-100 кВт до 2-10 МВт, що надає можливість встановлювати генератори електричної енергії безпосередньо до споживача без великих газосховищ.

5. Широке застосування нових технологій в біоенергетиці дасть можливість замінити в Україні четверту частину споживаного природного газу, так як біометан можна використовувати для вироблення теплової електричної енергії

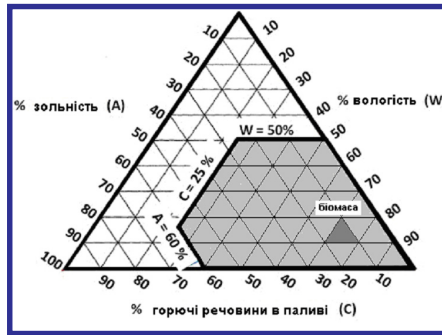


Рис. 2 Трикутник Таннера [6]

й енергозабезпечення ЖКГ паливом. З огляду на те, що розвиток комунальної енергетики вимагає значних витрат, темпи зростання тарифів на електроенер-

гію і вартість Гкал теплової енергії будуть збільшуватися, з іншого боку, в силу ряду об'єктивних причин, близько половини території України не може бути забезпечена централізованим енергопостачанням. Існуючі котельні і міні-ТЕЦ працюють на привізному дорогому паливі, що збільшує собівартість виробленої енергії значно вище тарифу, що встановлюється для населення, а збиток покривається за рахунок бюджетних субвенцій.

6. Біоенергетика в її сьогодинньому стані поки не є безальтернативною заміною вуглеводневої енергетиці на найближчу перспективу, однак, уже зараз вона може стати важливим елементом для стримування дефіциту на вуглеводневу сировину та запорукою енергобезпеки споживачів.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Использование биомассы для устойчивого локального энергоснабжения. Научные и практические аспекты //Международный семинар. – СПб., 17–18 ноября 2008 г.
2. Баадеер В., Доне Е., Бренндерфер М. Биогаз, теория и практика. - М.: Колос, 1982. – 148 с.
3. Гументик М.Я. Вирощування та використання органічної сировини для виробництва енергії. Збірник наукових праць ІБКіЦБ НААН. Випуск 14. «Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур» - Київ, 2012. - С.446-448
4. Гелетуха Г.Г., Железная Т.А.Обзор современных технологий получения жидкого топлива из биомассы быстрым пиролизом. Часть 1. – Экотехнологии и ресурсосбережение, 2000. – № 2. – С. 3-9.
5. Гументик М.Я. Шевченко І.Л., Замоцький С.М. Виробництво біопалива та теплової енергії на основі рослинної сировини. Збірник наукових праць ІБКіЦБ НААН. Випуск 12. «Біоенергетика: вирощування біоенергетичних культур, виробництво та використання біопалива» - Київ, 2011. - С. 223-226.
6. Язев С.І. Конвертирование отходов органических веществ в товарные продукты. Концепция и опыт практического применения.-2009.- Луганск - 22 с.

**Анотація**

Виконано аналіз ефективності перероблення біомаси енергетичних культур, виявлено переваги та недоліки існуючих технологій, визначено перспективні напрями розвитку окремих видів біопалива в Україні й у світі.

**Ключові слова:** біоенергетика, біомаса, біоенергетичні культури, целюлоза, лігнін, біопаливо, біогаз, синтез-газ.

**Анотация**

Выполнен анализ эффективности переработки биомассы энергетических культур, выявлены преимущества и недостатки существующих технологий, определены перспективные направления развития отдельных видов биотоплива в Украине и в мире.

**Ключевые слова:** биоэнергетика, биомасса, биоэнергетические культуры, целлюлоза, лигнин, биотопливо, биогаз, синтез-газ.

**Annotation**

The analysis of efficiency conversion of biomass energy crops, revealed the advantages and disadvantages of existing technologies, perspective directions of development of certain types of biofuel in Ukraine and the world.

Keywords: bioenergy, biomass, bioenergy culture, cellulose, lignin, biofuels, biogas, syngas.

**БІОНОВИНИ**

**ПЛІДНА СПІВПРАЦЯ БІОЕНЕРГЕТИКІВ КИЄВА І НІМЕЧЧИНИ**

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України та Бранденбурзький технічний університет (Котбус, Німеччина), як відомо, проводять спільні наукові дослідження за міжнародним проектом SEEMLA «Стале вирощування біомаси на маргінальних землях в Європі», що виконується в рамках програми «Горизонт 2020».

У вересні 2016 року Інститут біоенергетичних культур і цукрових бу-

ряків відвідали німецькі партнери. Німецькі науковці познайомились з основними фундаментальними та прикладними дослідженнями, що виконуються ІБКіЦБ, в памках проекту, оглянули експериментальні та демонстраційні земельні ділянки біоенергетичних культур на Веселоподільській і Ялтушківській дослідно-селекційних станціях, які були обрані для реалізації пілотних ділянок біоенергетичних рослин, передбачених проектом SEEMLA.

