

Н.В. Пришляк, аспірантка^{††}
Вінницький національний аграрний університет

БІОЕТАНОЛ З ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЙОГО ВИРОБНИЦТВА В УКРАЇНІ

Постановка проблеми. Заходи, спрямовані на зниження залежності від імпорту енергоносіїв, підвищення вартості традиційних джерел енергії та щораз більший негативний вплив на довкілля від споживання викопних видів палива, є головними рушійними силами, що спричиняють постійне зростання обсягів виробництва біопалива. Нині у світі біоетанол є найпоширенішим видом рідкого біопалива. Його використання як моторного палива надає змогу подолати енергетичну залежність та суттєво знижує негативний вплив на екологію, порівняно з традиційними паливами.

З 2000 р. простежується чітка тенденція до зростання обсягів виробництва біоетанолу. Світове виробництво паливного етанолу збільшилось майже у 5 разів протягом 2000-2013 рр. (з 17,107 млрд л до 85,088 млрд л) [10]. До 2022 р. очікується зростання обсягів виробництва біоетанолу на 70 %, порівняно з рівнем 2010-2012 рр. (до 165 млрд л). Основними виробниками біоетанолу у 2013 р. були США, Бразилія, Франція, Німеччина, Іспанія, Китай та Канада. Цифри показують, що світове виробництво біоетанолу у 2013 р. сприяло зменшенню глобальних викидів парникових газів майже на 274 000 т. на добу. Порівняно з 2012 р., за рахунок збільшення споживання біопалива, кількість шкідливих викидів скоротилась майже на 4000 т. на добу [10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Щораз більші обсяги виробництва біоетанолу потребують використання найефективнішої сировини для його виробництва. Ефективність різних видів біосировини для виробництва біоетанолу у своїх наукових працях розглядають багато провідних зарубіжних та вітчизняних науковців, зокрема Christoph Berg, F.O. Licht [11], Г.М. Калетнік [3], М.В. Роїк [6], С.Т. Олійнічук [12], Я.Б. Блюм [1], М.П. Ковалко [14] та багато інших. Однак вибір найбільш ефективною сировини для виробництва біоетанолу в умовах України має дискусійний характер, що зумовлює актуальність даної теми.

^{††} Науковий керівник – Г.М. Калетнік, д-р екон. наук, професор, академік НААН

Постановка завдання. Метою статті є аналіз видів сировини, що використовуються для виробництва біоетанолу у світі, та обґрунтування ефективності використання цукрових буряків як біосировини для виробництва біоетанолу в Україні.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сировиною для виробництва біоетанолу можуть бути всі цукро- та крохмалевмісні рослини або лігніноцелюлозна біомаса. Основними вимогами до сировини є низька собівартість, зручність переробки, високий вихід біоетанолу із 1 т сировини та з 1 га, позитивний баланс енергії, низькі затрати при транспортуванні. Біоетанол з рослин отримують шляхом біохімічних перетворень або так званого процесу ферментації (бродиння) чи з використанням тепла і хімічних речовин у процесі термохімічної конверсії. Від виду сировини та кількості накопиченого у ній крохмалю, цукрів чи глюкози залежить складність біоконверсії та обсяги отримання біоетанолу.

Клімат і тип ґрунту визначають види і обсяг рослин, які можна вирощувати в різних географічних районах. Тому вибір культури, що має найвищу економічну та екологічну ефективність при вирощуванні та переробці її на біоетанол, найбільшою мірою залежить від географічного розташування країни, наявності родючих ґрунтів, сумарної кількості опадів та сонячного випромінювання.

У тропічних країнах (Бразилія, Аргентина, Таїланд) найпоширенішою сировиною для виробництва біоетанолу є цукрова тростина, у північній півкулі (США, ЄС, Канада) – кукурудза, зернові, цукровий буряк [3].

У США 96 % бензину, що реалізується на автозаправних станціях, містить у своєму складі біоетанол. Основною сировиною для виробництва біоетанолу у США є кукурудза, адже використання цієї сировини має низку економічних та екологічних переваг. Кукурудза забезпечує найвищий вихід біоетанолу із 1 т сировини – 400-450 л (табл. 1). Виробництво біоетанолу із кукурудзи дає змогу отримати не лише екологічно чисте паливо, а ще й якісний протеїновий корм. У США обсяг корму, що отримують у процесі виробництва біоетанолу з кукурудзи, становить 1/3 від обсягу сировини, затраченої на виробництво біоетанолу. Це пов'язано з тим, що для виробництва біоетанолу необхідно використовувати лише частину зерна кукурудзи (крохмаль), що в результаті бродиння конвертується у спирт. Решта білків, жирів, волокон та інших поживних речовин використовуються в подальшому як корм для ВРХ, свиней та птиці.

1. Орієнтовна урожайність різних сільськогосподарських культур та можливий вихід біоетанолу з біосировини [8]

Культура (біосировина)	Планова урожайність, ц/га	Вихід етанолу	
		З тонни сировини, л/т	На один гектар, л/га
Цукровий буряк	900	100	9000
Топінамбур	300	87	2610
Кукурудза (зерно)	70	416	2912
Пшениця	50	395	1975
Ячмінь	58	370	2150
Цукрова тростина	650	70	4550
Кассава	120	180	2160

Кукурудза є інтенсивною сільськогосподарською культурою, вирощування якої вимагає великої кількості води, добрив та пестицидів. Зважаючи на недотримання сівозмін, низьку ефективність систем зрошення, недостатнє забезпечення сільськогосподарською технікою та малу кількість внесених добрив, Україна нині не може забезпечити високу врожайність кукурудзи, тому вихід біоетанолу із 1 га згаданої культури є значно нижчим, ніж у країнах-лідерах з виробництва біоетанолу. Так, урожайність кукурудзи в Україні у 2013 році становила 62,2 ц/га (у 2012 р. – 46,3 ц/га). У той же час урожайність кукурудзи у США становить 90-100 ц/га. Не останню роль у забезпеченні високої врожайності кукурудзи відіграє використання генетично-модифікованих сортів.

Нині у світі найбільш економічно вигідною сировиною для виробництва біоетанолу є цукрова тростина. Вона є витривалою рослиною, яка вирощується в тропічних і субтропічних регіонах для отримання цукру, а також побічних продуктів – меляси та багасси. Багассу – волокнисті відходи з цукрової тростини, що залишаються після отримання соку, спалюють в електрогенераторах як паливо у виробництві етанолу. Це знижує вартість біоетанолу адже надає змогу заощадити на купівлі електроенергії.

Виробництво біоетанолу з цукрової тростини не потребує ферментів для перетворення полісахариду крохмалю у зброджувані моносахариди, що дає змогу використовувати меншу кількість технологічних операцій і значно знижує собівартість виробництва. Окрім того, урожайність кукурудзи постійно коливається і її важко спрогнозувати, тому що вона залежить від погодних умов, наявності шкідників, поширення

захворювань. Водночас урожайність цукрової тростини у тих країнах, де вона вирощується, є стабільною та прогнозованою рік у рік.

На відміну від кукурудзи, цукрова тростина є багаторічною культурою і може забезпечувати до 7 урожаїв. Це зменшує кількість технологічних операцій у вирощуванні, що в результаті знижує собівартість та сприяє скороченню викидів шкідливих газів в атмосферу. Біоетанол, вироблений з цукрової тростини, забезпечує зниження викидів парникових газів при його спалюванні на 71% (таблиця 2).

Об'єднаний дослідницький центр Європейської комісії (The European Commission's Joint Research Center) визначив зниження викидів парникових газів для біопалива з різних видів сировини. Дослідницький центр розрахував викиди парникових газів для вирощування, переробки та транспортування сільськогосподарських культур і використав це для визначення заощадження викидів парникових газів. Так, з-поміж тих видів сировини, що вирощуються у нашому кліматичному поясі, найбільші заощадження викидів парникових газів забезпечує виробництво біоетанолу з цукрових буряків.

2. Скорочення викидів парникових газів у виробництві біопалива з різних видів сировини [7]

Сировина	Скорочення викидів парникових газів, %
Кукурудза	56
Цукровий буряк	61
Цукрова тростина	71
Ріпак	45
Соя	40
Соняшник	58
Пальмова олія	56

Щодо того, яким шляхом Україні доцільно йти у контексті вибору сировини для виробництва біопалива, то нам варто враховувати агротехнічні можливості щодо вирощування певної культури, її урожайність, вихід біоетанолу, отримання побічної продукції, вартість переробки, відстань транспортування до переробного заводу, важливість для сільського господарства. З погляду всіх цих складових для нашої держави кращої сировини для виробництва біоетанолу ніж цукровий буряк немає.

Незважаючи на те, що найбільші виробники біоетанолу у світі як сировину використовують кукурудзу та цукрову тростину, найвищий вихід біоетанолу із 1 га забезпечують цукрові буряки (табл. 1).

Як порівняння, вихід біоетанолу із 1 га цукрової тростини у Бразилії становить 4700 л, із 1 га кукурудзи у США – 3000 л [5]. Водночас із 1 га цукрових буряків можна виробити 9000 л біоетанолу (за умови врожайності 900 ц/га).

Виробництво біоетанолу з цукрового буряку не лише сприятиме формуванню енергетичної безпеки нашої держави, але й допоможе стабілізувати бурякоцукрову галузь. Отримувати в Україні врожай цукрових буряків на рівні 800-1000 ц/га цілком можливо. Нині з мінімальним технологічним забезпеченням вітчизняні сорти цукрового буряку, виведені вченими Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААНУ, дають змогу отримувати таку високу урожайність. Отже, затрат на закупівлю імпортного насіння та на залучення зарубіжних технологій вирощування можемо уникнути.

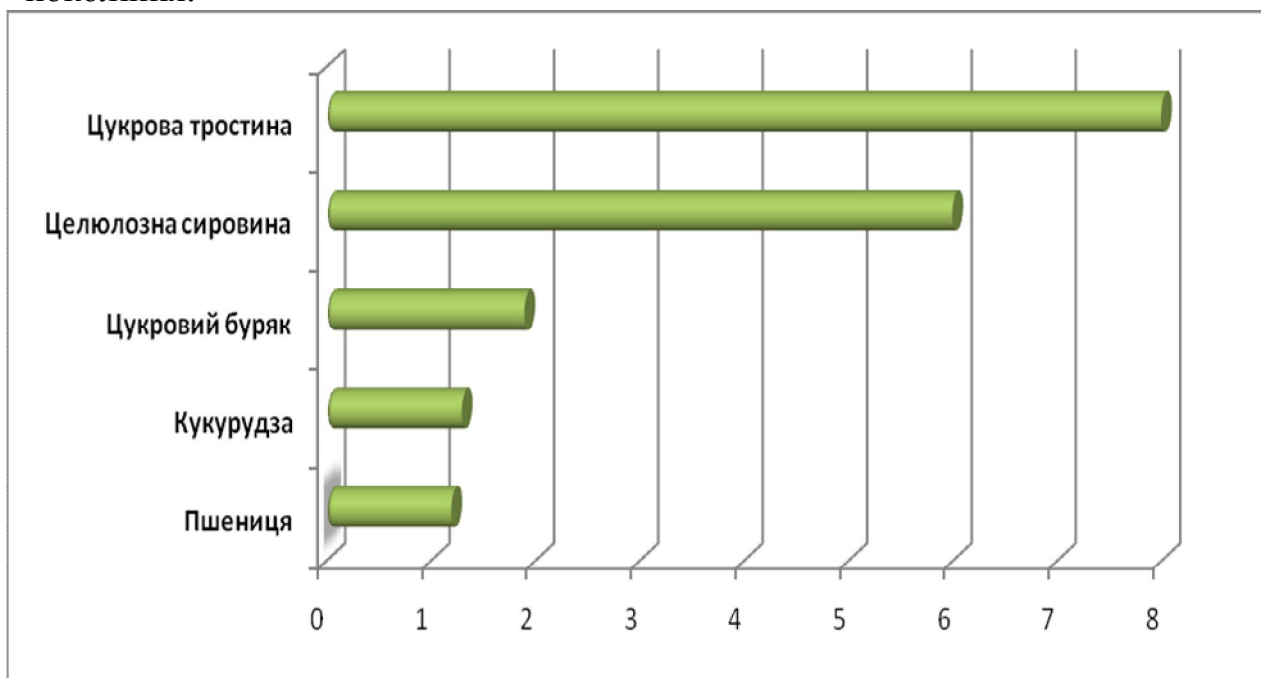
Окрім того, виробництво біоетанолу з цукрових буряків потребує на 20-30 % менше енергоносіїв, ніж із зернової сировини. Це пов'язано з тим, що під час виробництва біоетанолу з крохмаленосних культур (кукурудза, пшениця, сорго) сировину спочатку гідролізують за допомогою ензимів задля розщеплення крохмалю та отримання глюкози.

Надзвичайно важливим побічним продуктом у переробці цукрових буряків є післяспиртова барда. Барда – це залишок після відгонки спирту із бражки. Вона має вигляд рідини світло-коричневого кольору. Вміст сухих речовин у барді становить 3-8 %. Раніше мелясну барду вважали відходом та скидали на поля фільтрації, що спричиняло забруднення довкілля. Проте ефективнішим способом використання мелясної барди є її дегідратація та анаеробна ферментація задля отримання біогазу. Так, частину природного газу, що використовується цукровим заводом, можна замінити екологічно чистим біогазом, отриманим унаслідок анаеробної ферментації післяспиртової барди.

Окрім того, цукрові буряки – необхідна культура у сівозміні. Під час вирощування цукрових буряків вноситься багато органічних добрив. Вирощування цукрових буряків загалом підвищує родючість ґрунту і на фоні високої культури землеробства сприяє зростанню врожайності інших культур, особливо зернових. Крім того, гичку цукрових буряків можна переорювати, що дає змогу отримати більше 10 т органічних добрив на 1 га.

Щодо показника балансу енергії (відношення отриманої енергії до затраченої), за даними Міністерства торгівлі, економіки та промисловості Японії, нині найвищий показник балансу енергії забезпечує виробництво

біоетанолу з цукрової тростини (рис. 1). На другому місці щодо ефективності балансу енергії є біопаливо, виготовлене з целюлозної сировини. Щоб зменшити обсяги використання продовольчих сільськогосподарських культур для виробництва біопалива США та інші країни впроваджують виробництво біопалива другого покоління, яке отримують з нехарчової целюлозної сировини (міскантус, світчграс, багаторічні трави, стебла кукурудзи, рослинні рештки сільськогосподарських культур). Однак, незважаючи на значне фінансування, здійснення лабораторних досліджень та вдосконалення технологій біопалива другого покоління ще не є конкурентоспроможними ні щодо відношення до традиційних палив, ні до біопалив першого покоління.



Баланс енергії під час виробництва біоетанолу з різних видів сировини [5]

Враховуючи той факт, що цукрова тростина у нас не вирощується, а біопаливо з целюлозної сировини у світі досі не є економічно вигідним, найперспективнішою культурою для виробництва біоетанолу в Україні, за показником балансу енергії, є саме цукровий буряк.

Найважливішим чинником, що зумовлює виробництво біоетанолу з цукрових буряків в Україні, є потреба у відродженні бурякоцукрового комплексу в умовах відсутності доступу на зовнішній ринку цукру та залежності від імпорту паливних енергоносіїв. В Україні задля стабілізації роботи галузі потрібно запровадити виробництво біоетанолу на бурякоцукрових підприємствах.

У 1970 р. Бразилія була першою з-поміж нинішніх найбільших виробників біоетанолу країною, яка запровадила його промислове виробництво на заводах, що раніше займались виключно переробкою цукрової тростини на цукор. Франція, Німеччина, Чехія, Великобританія та Польща з початку 2000-х рр. також запровадили виробництво цукру та біоетанолу в межах одного заводу. Як сировину ці країни, на відміну від Бразилії, почали використовувати не цукрову тростину, а цукровий буряк.

Аналіз різних видів сировини показує, що з 2006 р. найбільше для виробництва біоетанолу у країнах Європейського Союзу використовували цукровий буряк. У 2013 році обсяг виробництва біоетанолу з цукрових буряків у ЄС збільшився у 3,5 раза і становив 10831 тис. т. (табл. 3).

3. Види та обсяги сировини для виробництва біоетанолу в ЄС, тис. т [7]

Сировина	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Пшениця	1,351	1,347	1,624	2,311	3,733	4,466	5,131	5,591
Кукурудза	397	517	1,155	2,298	2,530	2,944	3,211	3,436
Жито	1,039	0,659	0,722	0,955	1,122	0,986	0,957	1,051
Ячмінь	1,234	1,004	0,540	0,641	0,623	0,749	0,734	0,790
Цукровий буряк	3,082	5,370	9,448	10,086	10,705	10,33	10,28	10,83

Обсяги виробництва цукру та біоетанолу коригуються залежно від попиту на ринку. Завдяки такій побудові заводів у виробників цукрових буряків немає проблем зі збутом сировини у ті роки, коли попит на цукор на внутрішньому ринку падає, а доступ на зовнішні ринки збуту обмежений. Одночасне виробництво біоетанолу та цукру на одній виробничій ділянці стабілізує діяльність як бурякоцукрової галузі, так і всього агропромислового комплексу.

В даний час на кафедрі адміністративного менеджменту та альтернативних джерел енергії розробляється пілотна програма “Альтернативні джерела енергії”, яка передбачає поєднання наукових досліджень і навчального процесу виробництва біоетанолу з цукрових буряків на практиці, зокрема в Гайсинському районі Вінницької області.

Висновки. Зростання обсягів виробництва біоетанолу свідчить, що невдовзі провідні країни світу і надалі підтримуватимуть курс на розвиток виробництва та споживання біопалива. Україна як енергетично залежна держава з потужним сільськогосподарським потенціалом повинна якнайшвидше налагодити масове виробництво та споживання біоетанолу в

нашій державі. Проведені теоретичні дослідження вказують, що найперспективнішою сировиною для виробництва біоетанолу в Україні є цукровий буряк. Дана культура забезпечує найбільший вихід етанолу із 1 га, не потребує додаткових затрат на попередню обробку сировини, дасть змогу зменшити викиди парникових газів в атмосферу та щонайважливіше – допоможе відродити бурякоцукрову галузь в Україні, вберегти від закриття цукрові заводи та створити додаткові робочі місця.

Бібліографічний список: 1. Блюм Я.Б. Біологічні ресурси і технології виробництва біопалива / Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетука, І.П. Григорюк та ін. – К.: “Аграр Медія Груп”, 2010. – 408 с. 2. Державна Служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>. 3. Калетнік Г.М. Біопаливо. Продовольча, енергетична та екологічна безпека України: монографія / Г.М. Калетнік. – К.: Хай-Тек Прес, 2010. – 516 с. 4. Ковалко М.П. Розвинута енергетика – основа національної безпеки України. Аналіз тенденцій і можливостей / М.П. Ковалко, О.М. Ковалко. – К.: ТОВ “Друкарня “Бізнесполіграф”, 2009. – 104 с. 5. Міністерство торгівлі, економіки та промисловості Японії. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g30819b40j.pdf>. 6. Перспективи розвитку біоенергетики в Україні / [М.В. Роїк, В.Л. Курило, О.М. Ганженко та ін.] // Цукрові буряки. – № 2-3 (86-87), 2012. – С. 6. 7. EU Biofuels Annual report [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.usda-france.fr/media/Biofuels%20Annual_The%20Hague_EU-27_6-25-2012.pdf. 8. Facts on health and the environment. Biofuel yields for different feedstocks [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.greenfacts.org/en/biofuels/figtableboxes/biofuel-yields-countries.htm>. 9. Food and Agricultural Organization of the United Nations [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fao.org/corp/statistics/en/>. 10. The Global renewable Fuels Alliance [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.globalrfa.org. 11. World Fuel Ethanol Analysis and Outlook [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g30819b40j.pdf>. 12. Ukrainets A.I., Homichak L.M., Shiyan P.L., Oliynichuk S.T. 2007. Ukrainian alcohol industry on the path to innovative development. Food and processing industry pp. 16-19.

Пришляк Н.В. Исследование эффективности производства биоэтанола из сахарной свеклы в Украине. Определены аспекты, обуславливающие необходимость производства биоэтанола в Украине. Приведены основные виды сельскохозяйственных культур, используемых

для производства биоэтанола в мире. Исследованы технологические, экономические и экологические особенности использования различных видов сырья для производства биоэтанола. Проанализирована эффективность использования сахарной свеклы в качестве основного сырья для производства биоэтанола в Украине.

Pryshiak N. Research of the efficiency of bioethanol production from sugar beet in Ukraine. The article outlines the aspects that make important the production of bioethanol in Ukraine. The basic types of crops used for ethanol production in the world are given. The technological, economic and environmental features of the use of different feedstock for bioethanol production are investigated. The efficiency of using sugar beets as the main raw material for ethanol production in Ukraine is analyzed.