

УДК 338.432:620.925:58

Н. В. Пришляк,

к. е. н., доцент, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця
ORCID ID: 0000-0002-0544-1441

В. М. Балдинюк,

к. е. н., доцент, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця
ORCID ID: 0000-0001-7421-0295

DOI: 10.32702/2306-6792.2019.21.47

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ НА БІОПАЛИВА

N. Prishlyak,

PhD in Economics, Associate Professor, Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsya

V. Baldyniuk,

PhD in Economics, Associate Professor, Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsya

EFFICIENCY OF AGRICULTURAL PRODUCTION AS A FEEDSTOCK FOR BIOFUELS PRODUCTION

У статті досліджено динаміку виробництва біоетанолу у світі. Проаналізовано, основних виробників біоетанолу у 2018 році. Сформовано критерії вибору сировини для виробництва біоетанолу. Охарактеризовано потенційні види сировини для виробництва біоетанолу у залежності від кліматично-географічної зони. Визначено основні вимоги до сировини для виробництва біоетанолу. Проаналізовано орієнтовний вихід біоетанолу з різних видів сировини. Побудовано графік динаміки виробництва зернових культур в Україні. Визначено провідних виробників кукурудзи у світі. Проаналізовано динаміку виробництва кукурудзи в Україні. Визначено позитивні аспекти використання цукрових буряків як сировини для виробництва біоетанолу. Проаналізовано динаміку посівних площ цукрових буряків в Україні. Визначено обсяги посівних площ цукрових буряків і ціни на цукор в Україні. Узагальнено позитивні аспекти використання цукрових буряків як сировини для виробництва біоетанолу. Запропоновано комплекс заходів щодо стабілізації бурякоцукрової галузі в Україні. Проаналізовано динаміку виробництва цукрової тростини у світі. Узагальнено позитивні аспекти використання цукрової тростини як сировини для виробництва біоетанолу. Проаналізовано можливість використання енергетичних культур (світчграс, міскантус) як ефективною непродовольчої сировини для виробництва біоетанолу.

Ukraine's agriculture plays a leading role in ensuring the food and energy security of the country at the expense of its bioenergy potential. Although having significant biomass of agricultural production, the agricultural sector of the country demonstrates the slow development of enterprises and production of final products — biofuels. The use of bioenergy potential in agriculture is seen as one of the elements of a sustainable development strategy. The issues of energy saving use is characterized by considerable diversity and it is necessary to strategically focus on the efficient use of production capacities with optimal energy costs. Improving the standard of living of the population and its socio-economic well-being will largely depend on the rational use of energy and natural resource potential, at the current stage of management it is of particular relevance. The dynamics of bioethanol production in the world has been investigated in the article. The main bioethanol producers in 2018 have been analyzed. Criteria for the selection of feedstock for the production of bioethanol have been formed. Potential feedstock for bioethanol production, depending on the climatic and geographical zone, have been characterized. The basic requirements for feedstock for the production of bioethanol have been identified. The estimated yield of bioethanol from various types of feedstock has been analyzed. A graph of the dynamics of grain production in Ukraine has been built. The world's leading corn producers have been identified. The dynamics of corn production in Ukraine has been analyzed. The opportunities of using sugar beets as raw materials for bioethanol production have been identified. The dynamics of cultivated areas of sugar beets in Ukraine has been analyzed. Sown areas of sugar beets and sugar prices in Ukraine have been determined. The positive aspects of using sugar beets as a feedstock for bioethanol production have been identified. A set of measures to stabilize the beet sugar industry in Ukraine has been

proposed. The dynamics of sugar cane production in the world has been analyzed. Overview of positive aspects of the use of sugar cane as raw material for the production of bioethanol has been produced. The possibility of using energy crops (Switchgrass, Miscanthus) as an effective non-edible feedstock for the production of bioethanol has been analyzed.

Ключові слова: ефективність, сировина, переробка, біопалива, біоетанол, біоенергетика.
Key words: efficiency, feedstock, processing, biofuels, bioethanol, bioenergy.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Сільське господарство України відіграє провідну роль у забезпеченні продовольчої і енергетичної безпеки держави за рахунок свого біоенергетичного потенціалу. Хоча маючи значну наявну біомасу сільськогосподарського виробництва, аграрний сектор країни демонструє повільний розвиток підприємств та виробництва кінцевої продукції — біопалива. Використання біоенергетичного потенціалу сільського господарства вбачається одним із складових елементів стратегії сталого розвитку.

У свою чергу, впровадження інтенсивних енергоощадних та безвідходних технологій в економіку країни, раціональне та ефективне використання біоресурсного потенціалу вимагатиме реалізації комплексу техніко-технологічних заходів і застосування системи державних механізмів, що забезпечує зростання їх ролі у країні. Адже гармонійний розвиток економіки неможливий без енергетичного забезпечення, що передбачає формування комплементарної економічної політики у сфері енергетики.

Відтак, основними факторами, які спонукають світову спільноту до виробництва біологічного палива, є ціновий та екологічний. Оскільки найважливішою і найціннішою особливістю біопалива є його відновлюваний характер, що створює можливості для аграрного сектора виступати їх виробником та споживачем.

Зокрема одним із головних та першочергових завдань у системі управління енергетикою

країни для її подальшого розвитку виступає розроблення та реалізації політики повного забезпечення наявних потреб України в паливно-енергетичних ресурсах за умов дотримання вимог їх раціонального використання.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Комплекс фундаментальних досліджень із вирішення питань розвитку біотехнологічних виробництв, використання біомаси сільськогосподарських культур на енергетичні цілі та регулювання щодо формування конкурентоспроможного виробництва біопалив широко розкрили у своїх наукових працях вітчизняні та зарубіжні вчені: Я. Блюм, О. Варченко, О. Гауфе, Г. Гелетуха, В. Дубровін, Т. Железна, Г. Забарний, Г. Калетнік, С. Кваша, М. Малік, В. Месель-Веселяк, С. Олійнічук, Б. Панасюк, М. Роїк, П. Саблук, В. Семенов, О. Шпикуляк, О. Шпичак та інші. Проблеми виробництва біопалива та забезпечення продовольчої безпеки досліджували такі вчені: Береговий В., Гончарук І., Гончарук Т., Климчук О., Скорук О., Шпикуляк О. Шпичак О.М. та ін., однак подальшого дослідження потребує обґрунтування ефективності виробництва сільськогосподарської продукції як сировини для переробки на біоетанол.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Мета дослідження полягає в обґрунтуванні теоретичних аспектів ефективності виробницт-

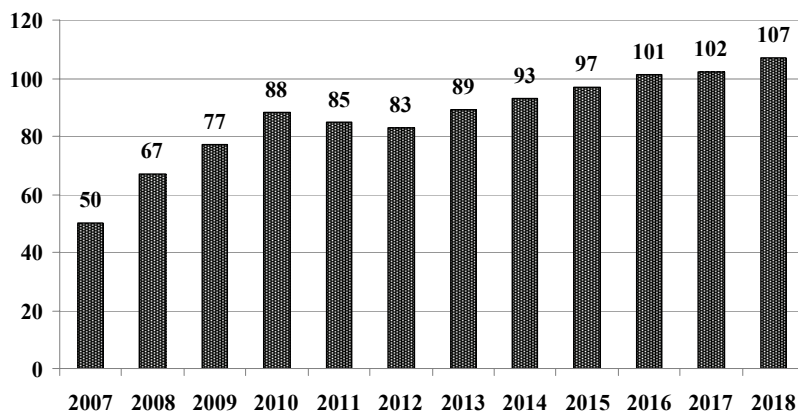


Рис. 1. Динаміка виробництва біоетанолу у світі, млрд л

Джерело: сформовано авторами за даними International Energy Agency [4].

тва сільськогосподарської продукції як сировини для виробництва біопалива. Це передбачає аналіз ефективності виробництва потенційних видів сировини, а саме цукровмісних та крохмалевмісних сільськогосподарських культур, а також визначення видів сировини, що найефективніше використовувати для виробництва біопалива в Україні.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Біоетанол — продукт біоконверсії вуглеводмісної сировини (біомаса та/або органічні фракції відходів) з регламентованою кількістю супутніх та денатуруючих домішок [2]. Нині у світі біоетанол є одним з найпоширеніших видів рідкого біопалива, використання якого як палива дозволяє подолати енергетичну залежність та суттєво знижує негативний вплив навколишнє середовище у порівнянні з використанням традиційних палив.

Біоетанол отримують шляхом процесу біоконверсії (ферментації — біохімічного пере-

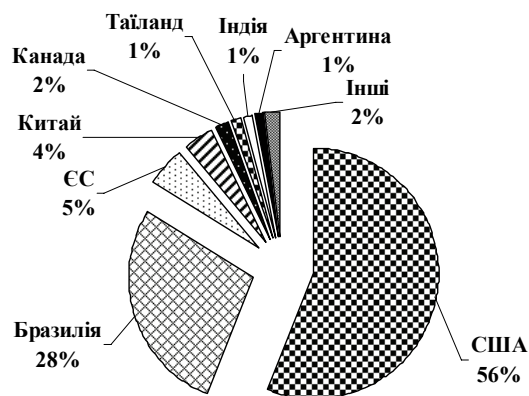


Рис. 2. Основні виробники біоетанолу, 2018 р.

Джерело: сформовано авторами за даними International Energy Agency [4].

творення біомаси) чи з використанням тепла і хімічних речовин (термохімічна конверсія).

Протягом останніх 10 років спостерігається стрімке зростання обсягів виробництва біоетанолу у світі (рис. 1). У 2018 році виробництво біоетанолу у світі зросло

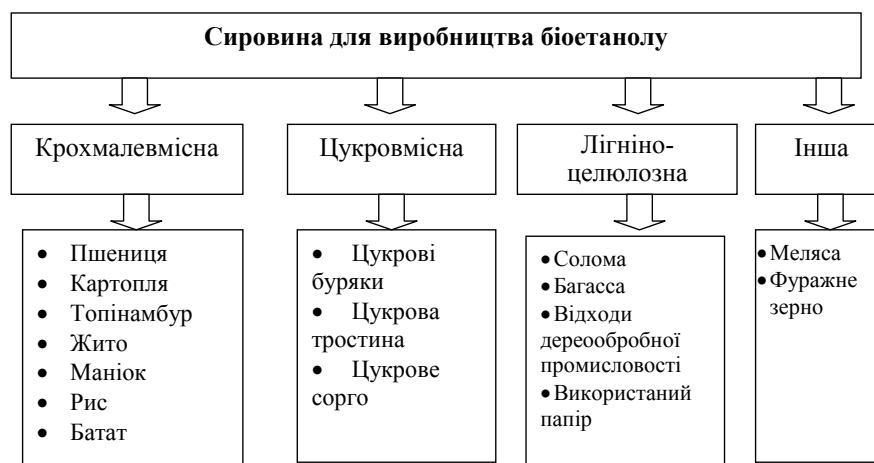


Рис. 3. Види сировини для виробництва біоетанолу

Джерело: сформовано авторами на основі опрацьованої літератури.

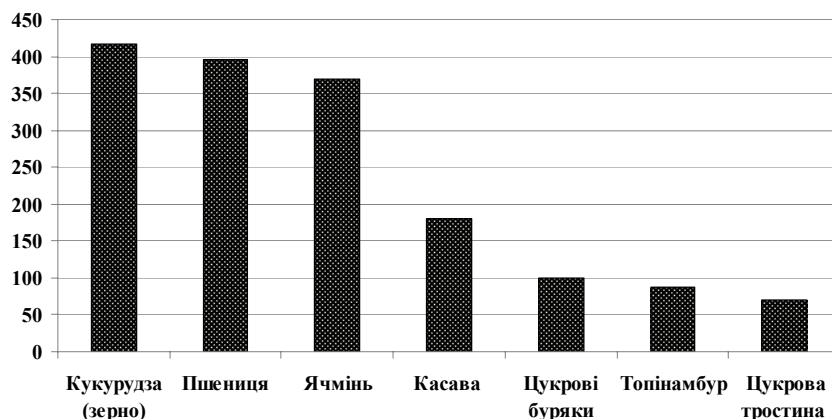


Рис. 4. Орієнтовний вихід біоетанолу з біосировини, л з 1 т

Джерело: сформовано авторами на основі опрацьованої літератури [6].

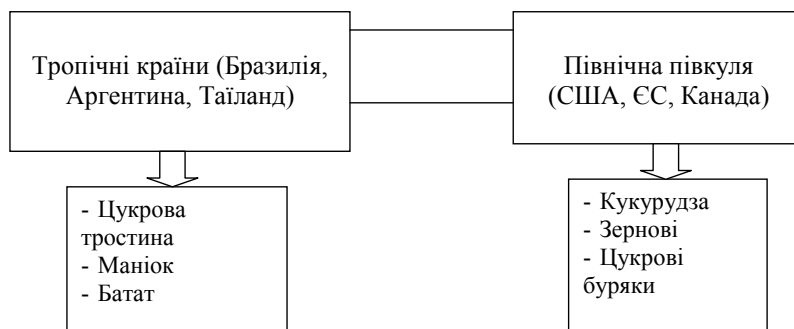


Рис. 5. Сировина для виробництва біоетанолу у залежності від кліматично-географічної зони

Джерело: сформовано авторами на основі опрацьованої літератури [6; 7].

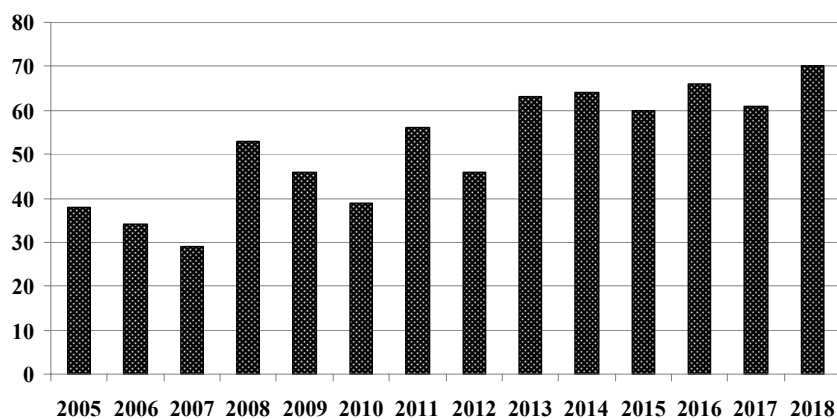


Рис. 6. Динаміка виробництва зернових в Україні

Джерело: сформовано авторами за даними Державної служби статистики України [1].

маже вдвічі у порівнянні з 2008 р. і становило 107 млрд л.

З початку 2000-х років розвиток світових ринків біопалива стимулювалося політикою, спрямованою на підтримку їх виробництва і використання. Спочатку політика була мотивована поєднанням факторів, включаючи стимули, спрямовані на забезпечення енергетичної та екологічної безпеки. Державна підтримка біопаливної промисловості полягає в обов'язковій вимозі додавання біоетанолу до бензинів, звільненні від податків, та інвестиційній підтримці. Завдяки ефективній державній підтримці такі країни як США, Бразилія Франція та Німеччина досягли значного зростання обсягів виробництва та споживання біоетанолу та стали світовими лідерами у цій галузі (рис. 2).

Сировиною для виробництва біоетанолу можуть бути цукро- та крохмалевмісні рослини або лігніноцелюозна біомаса [6]. У світовій практиці ринок біоетанолу формується на основі використання таких енергетичних сільськогосподарських культур: цукрова тростина, кукурудза, пшениця, жито, ячмінь, цукрові буряки, цукрове сорго, топінамбур, касава, батат, картопля (рис. 3).

Основними вимогами до сировини для виробництва біоетанолу є: низька собівартість, зручність та низькі затрати при переробці, високий вихід біоетанолу із 1 т сировини та з 1 га, позитивний баланс енергії, низькі затрати при транспортуванні. Від виду сировини та кількості накопиченого у ній крохмалю, цукрів чи глюкози залежить складність біоконверсії та обсяги отримання біоетанолу. Орієнтовні дані виходу біоетанолу після ферментації біосировини представлено на рисунку 4.

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 [5]. Основні культури, що використовуються для виробництва біоетанолу у різних країнах наведено на рисунку 5.

У структурі біосировини придатної для виробництва біоетанолу в Україні провідну частку становлять зернові культури, цукрові буряки та меляса, менш вагому — картопля, топінамбур, цикорій.

Серед зернових культур, що вирощуються в Україні, значна частка припадає на пшеницю, кукурудзу, ячмінь, жито, овес, просо, сорго. Значною мірою на обсяги виробництва зерна впливають кон'юнктура ринку перед процесом посіву та погодні умови при вирощуванні культур. Зважаючи на це обсяги виробництва зернових коливаються з року в рік. Валовий збір зернових в Україні протягом останніх 10 років має тенденцію до зростання і загалом коливається у межах 55—60 млн т (рис. 6). У 2018 році вдалось досягти рекордно високого урожаю зернових в обсязі 70,1 млн т.

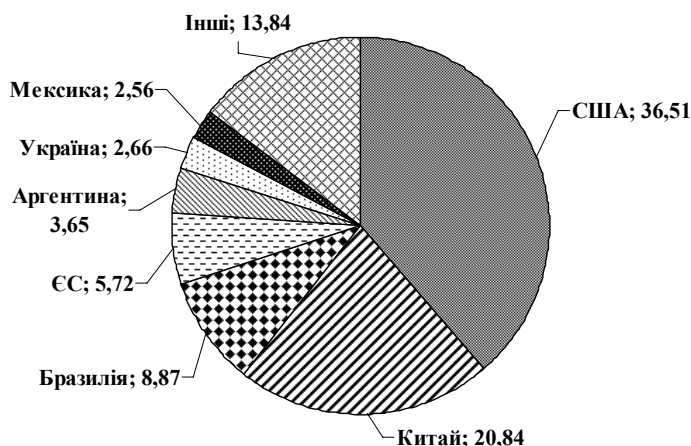


Рис. 7. Провідні виробники кукурудзи у світі у 2017/2018 МР

Джерело: сформовано авторами за даними Продовольчої і сільськогосподарської організації ООН [3].

Україна стабільно входить до десятки найбільших світових виробників зерна і до трійки найпотужніших його світових експортерів. Основні поставки українського агросектору на світові ринки — це пшениця, кукурудза і ячмінь, які сумарно складають майже 3/4 всього зернового експорту України. За даними Міністерства сільського господарства США (USDA), у 2018/19 році у світі зібрали 734 мільйони тонн — майже на 30 млн т менше, ніж у 2017/2018 році. Росія, США та Канада є найбільшими експортерами зерна у світі. РФ у 2018/2019 маркетинговому році експортувала 35 млн тонн, США — 29, Канада — 24. Україна у 2018/2019 МР переправила за кордон 17,6 млн тонн.

Проте, зважаючи на залежність від імпорту енергоносіїв, погіршення екологічної ситуації, високий рівень безробіття, особливо у сільській місцевості, більш доцільним є переробляти вирощену сировину в Україні на біоетанолу.

Варто зауважити, що при переробці зернових на біоетанол дискусія щодо доцільності використання продовольчої сировини на виробництво біопалива не є актуальною. Це пов'язано з тим, що на виробництво біоетанолу потрібно використовувати лише крохмальну частину зерна, а побічний продукт у вигляді післяспиртової барди, яка містить поживний та корисний білок можна використовувати для відгодівлі великої рогатої худоби, свиней, птиці, малих сільськогосподарських тварин, риби тощо.

Найбільш поширеною у світі зерновою культурою для виробництва біоетанолу є кукурудза. Вона посідає особливе місце у вітчизняному і світовому виробництві зерна. Останні-

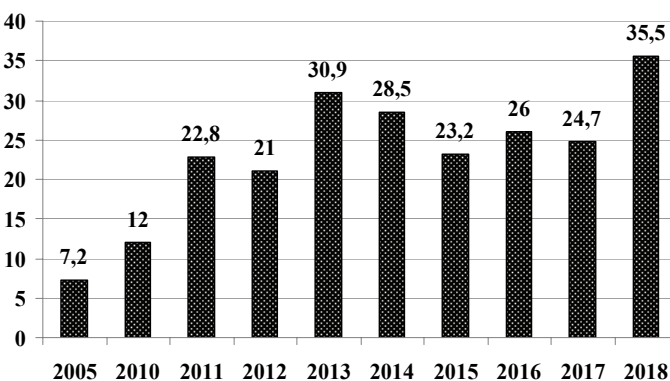


Рис. 8. Динаміки виробництва кукурудзи в Україні, млн т

Джерело: сформовано авторами за даними Державної служби статистики України [1].

ми роками спостерігається збільшення загального виробництва зерна кукурудзи. Зростання попиту на нього на світовому ринку стало поштовхом для національних виробників до збільшення виробництва цієї продукції в нашій державі. Свідченням цього є зростання за десятирічний період посівних площ під культурою майже вдвічі, а також відповідне збільшення її експорту за межі країни.

Ринок кукурудзи займає особливе місце в структурі сільського господарства, є одним із показників ефективності функціонування аграрного сектора в цілому. Кукурудза широко використовується у харчовій, крохмально-м'ясовій, біопаливній, мікробіологічній, медичній та інших галузях промисловості, а також володіє значними кормовими властивостями. Із часткою 42% вона витіснила з першого місця пшеницю і стала лідером зернового балансу планети. Це означає, що вона диктує свої умови на глобальному ринку зерна.

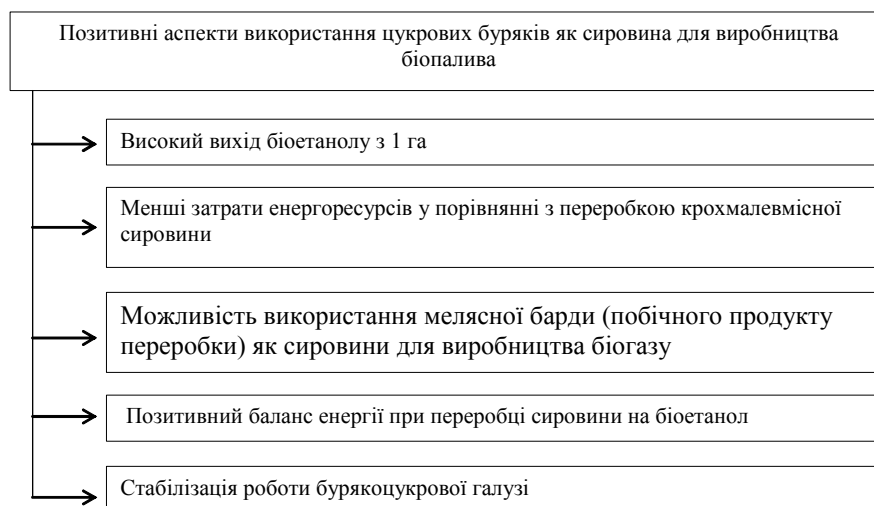


Рис. 9. Позитивні аспекти використання цукрових буряків як сировини для виробництва біоетанолу

Джерело: сформовано авторами на основі опрацьованої літератури [5–7].

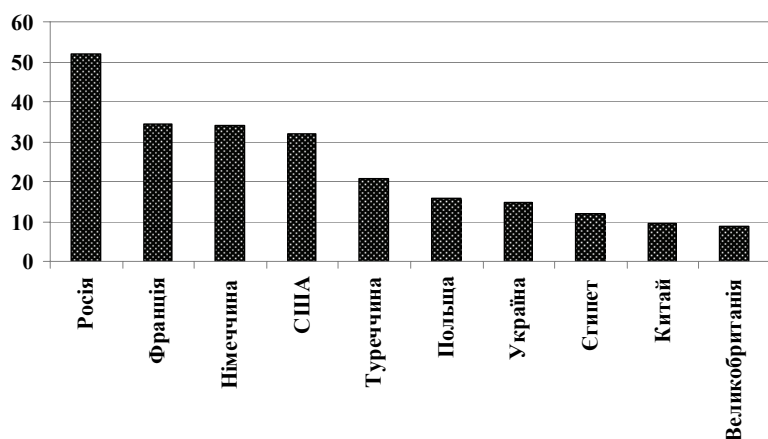


Рис. 10. Виробництво цукрових буряків у світі, 2017 р., млн т

Джерело: сформовано авторами за даними Продовольчої і сільськогосподарської організації ООН [3].

Проаналізуємо, наприклад, ситуацію на світовому ринку кукурудзи та місце України в ньому. Упродовж останніх десяти років обсяги її виробництва постійно зростали (за винятком сезонів 2012–2013 та 2015–2016 років),

адже кукурудза вважається одним із кращих видів зерна для виробництва концентрованих кормів у тваринництві та незамінною сировиною для виробництва біоетанолу.

Головними виробниками кукурудзи в світі є США (36,51%), Китай (20,84%) та Бразилія (8,87%). Провідне місце в світовому виробництві даної культури займає і Україна, а саме: 2,66% або 28 млн т (рис. 7).

Бачимо, що Україна посідає 4 місце в рейтингу світових експортерів, їй відводиться 12,11% світового експорту або 19 млн т (рис. 3). Україна продає на зовнішні ринки майже 67% вирощеної кукурудзи, чого не можна сказати про США. Частка проданої продукції закордон в цій країні складає всього 15% від вирощеної продукції за рік.

Частка кукурудзи на зерно серед всіх посівів сільгоспкультур складає 16,6%. За цим

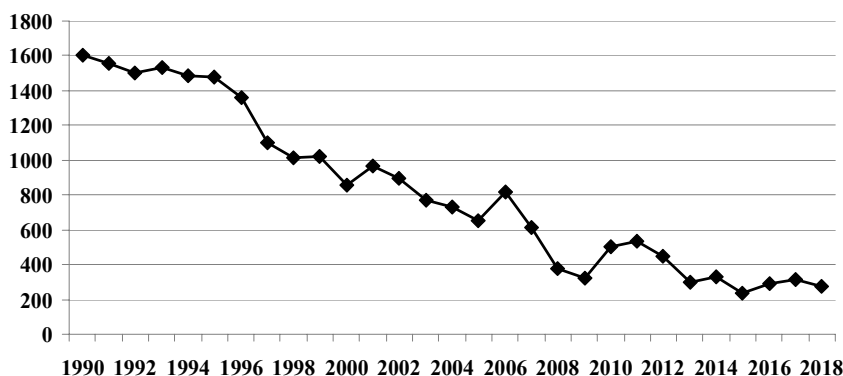


Рис. 11. Динаміка посівних площ цукрових буряків в Україні, тис. га

Джерело: сформовано авторами за даними Державної служби статистики України [1].

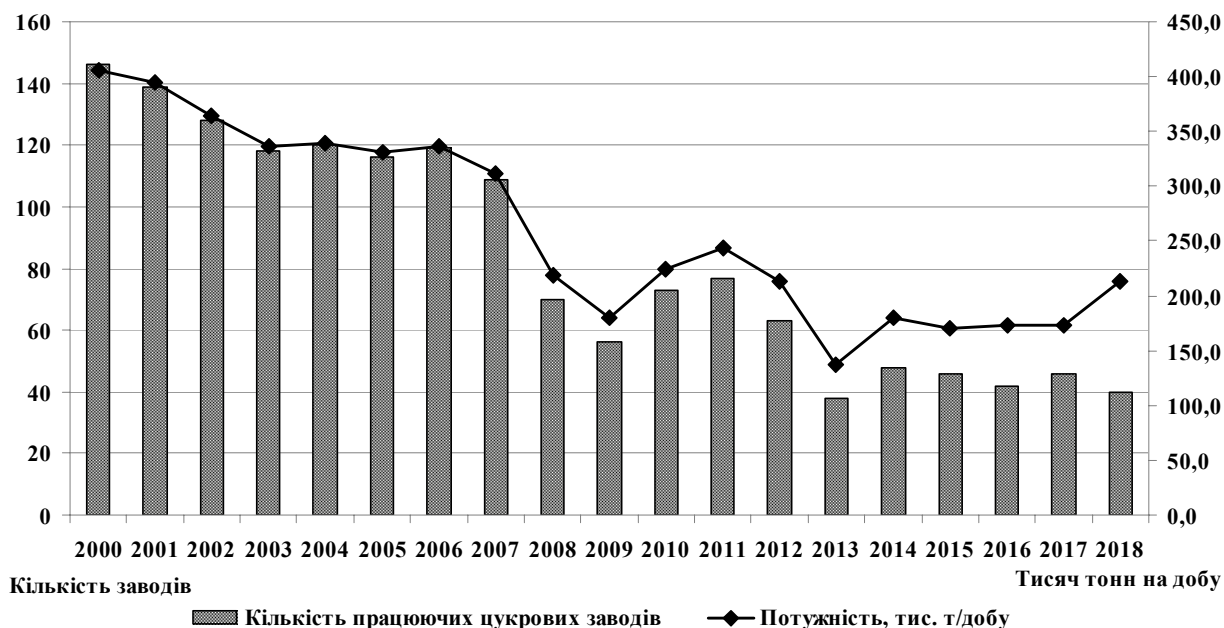


Рис. 12. Кількість цукрових заводів, що займаються переробкою цукрових буряків в Україні та їх добові потужності (2000–2018 рр.)

Джерело: узагальнено авторами на основі даних Державної служби статистики України [1].

показником кукурудза поступається тільки пшениці і соняшнику. У лідерах за площами посівів — Полтавська (604,1 тис. га), Чернігівська (407,9 тис. га) і Вінницька (381,3 тис. га) області, а найменша кількість кукурудзи — на полях у аграріїв Волині (26,9 тис. га).

Виходячи з нової стратегії вирощування зернових і олійних культур, в Україні передбачається довести виробництво кукурудзи до 30 млн т, з яких майже 20 млн т експортувати.

У 2018 р. валове виробництво кукурудзи на зерно в Україні становило рекордних 35,5 млн т, що перевищило урожай попереднього року

на 10,8 млн т (рис. 8). На це вплинули сприятливі погодні умови. Урожайність у 2018 р. становила 74,5 ц/га.

З усього вищесказаного можна дійти висновку про те, що в перспективі обсяг виробництва кукурудзи має тенденцію до росту; обсяг імпорту скорочується; обсяг експорту зростає. На сучасному етапі розвитку світової торгівлі для України складаються сприятливі умови на ринку кукурудзи.

Перспективною сировиною для виробництва біоетанолу є традиційна для України культура — цукрові буряки, а також напівпродук-

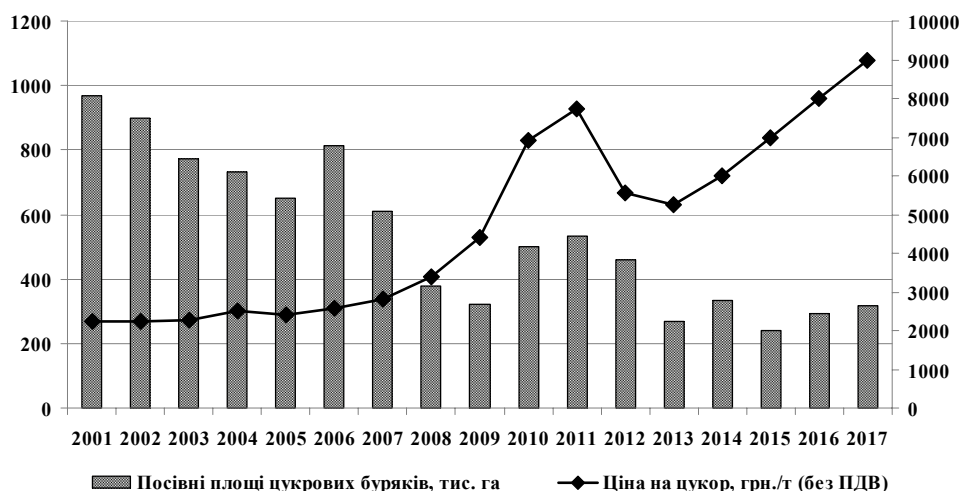


Рис. 13. Обсяги посівних площ цукрових буряків і ціни на цукор в Україні, 2001–2017 рр.

Джерело: сформовано авторами за даними Державної служби статистики України [1].

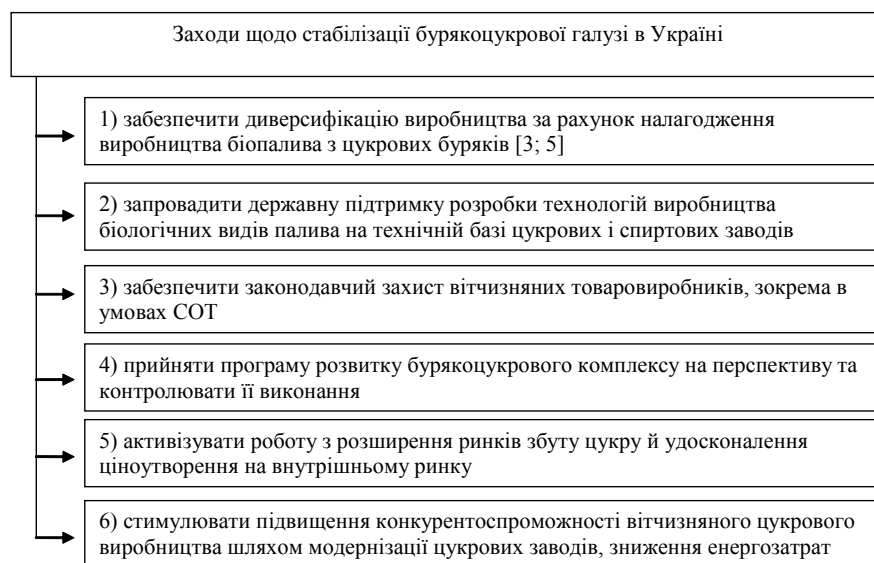


Рис. 14. Комплекс заходів щодо стабілізації бурякоцукрової галузі в Україні

Джерело: сформовано авторами.

ти цукрового виробництва такі як меляса, дифузійний сік, цукровий сироп, меляса, зелена патока, перший та другий відтоки утфелів та їх суміші.

Позитивним аспектом є також той факт, що виробництво біоетанолу з цукрових буряків потребує на 20—30% менше енергоносіїв, у порівнянні із використанням зернової сировини. Це пов'язано з тим, що при виробництві біоетанолу з крохмалевмісних культур (кукурудза, пшениця, сорго) необхідно спочатку піддати сировину гідролізу (сахарифікації) за допомогою ензимів задля розщеплення крохмалю та отримання глюкози. Узагальнення позитивних аспектів використання цукрових буряків як сировини для виробництва біоетанолу наведено на рисунку 9.

У 2017 р. найбільшими виробниками цукрових буряків були: Росія, Франція та США. Україна у 2017 р. виробила 14,88 млн т, посівши 7 місце у світі (рис. 10).

За останні роки в Україні відбулося значне зменшення посівних площ цукрових буряків (рис. 11). Так, у 1990 р. цукрові буряки вирощувались на площі 1607 тис. га. У 2000 р. посівна площа зменшилась вдвічі і становила 856 тис. га. Проте критично низького значення вона досягла у 2015 р. (238 тис. га, знизившись у 6,8 раза у порівнянні з 1990 р.). У 2018 р. посівна площа цукрових буряків становила 276 тис. га. Таке різке зниження посівних площ пояснюється втратою ринків збуту кінцевої продукції та перевищенням майже вдвічі пропозиції цукру над його попитом, що призводить до падіння цін і зниження рентабельності виробництва. У певні

роки спостерігалось значне поліпшення роботи комплексу, проте обсяги посівних площ цукрових буряків в Україні характеризуються нестабільністю та динамічним зниженням, починаючи з початку 1990-х рр. і донині.

Зниження економічної ефективності вирощування цукрових буряків і втрата ринків збуту призвели до суттєвого зниження виробничих потужностей та припинення роботи цукрових заводів. У 2000 р. в Україні лише 146 цукрових заводів займались переробкою цукрових буряків. Добова їх потужність по Україні становила 405,67 тис. т. З кожним роком спостері-

гається зменшення кількості діючих заводів. У 2012 р. переробкою цукру займались 63 цукрових заводи, а виробнича потужність становила 212,88 тис. т/добу. Станом на 2017 р. працювало 46 цукрових заводів потужністю 172,4 тис. т/добу (рис. 12).

У зв'язку з нестабільними обсягами виробництва цукру, відсутністю зовнішніх ринків збуту, імпортом цукру з цукрової тростини та цукрозамінників, значним надлишком цукру на ринку, діяльність бурякоцукрової галузі є складнопрогнозованою та в окремі роки збитковою. Протягом 2007—2017 рр. рівень рентабельності виробництва цукрових буряків коливався від -11,1% до +37%.

Коливання цін на цукор призводить до постійної зміни мотивації виробників до вирощування цукрових буряків. У зв'язку з цим щорічно частина виробників відмовляється від використання посівів цукрових буряків у сівозмінах.

Загалом ринок цукру в Україні має тенденцію до циклічності виробництва. У дефіцитні роки високий попит на цукор стимулює сільськогосподарських виробників збільшувати площі посівів цукрових буряків, виникає надлишок виробництва, ціни падають, сільськогосподарські підприємства скорочують посіви. Як результат, на внутрішньому ринку виникає дефіцит, який намагаються покрити шляхом імпорту білого цукру або цукру-сирцю з цукрової тростини. Ціни на внутрішньому ринку починають зростати, і сільськогосподарські виробники знову збільшують площі посівів. У результаті пропозиція перевищує попит, ціни на цукор зно-

ву падають, і цикл повторюється (рис. 13).

Дефіцит обігових коштів на цукрових заводах, застосування давальницьких схем переробки цукрових буряків, сезонне перенасичення внутрішнього ринку цукру, падіння внутрішнього попиту та обмеженість доступу на зовнішні ринки призводять у певні періоди до зниження ціни на цукор на внутрішньому ринку до такого рівня, що не покриває витрати на його виробництво.

Для сталого розвитку бурякоцукрового вітчизняного виробництва стабілізуючим фактором може слугувати налагодження виробництва та споживання біопалив із цукрових буряків. Досвід таких країн, як Франція, Німеччина, Бразилія свідчить, що поряд із ефективними законодавчими важелями державного регулювання економічних відносин у цукровій галузі важливу роль у цих країнах відіграє налагоджене виробництво та використання біопалива із цукрових буряків, проміжних продуктів переробки та відходів бурякоцукрового виробництва. Виробництво біоетанолу з цукрових буряків сприятиме не лише формуванню енергетичної безпеки нашої держави, але й допоможе стабілізувати діяльність бурякоцукрової галузі.

Важливо досягти оптимального обсягу виробництва цукрових буряків задля забезпечення внутрішнього попиту на цукор і визначенні шляхів ефективного використання надлишкових потужностей для виробництва біоетанолу.

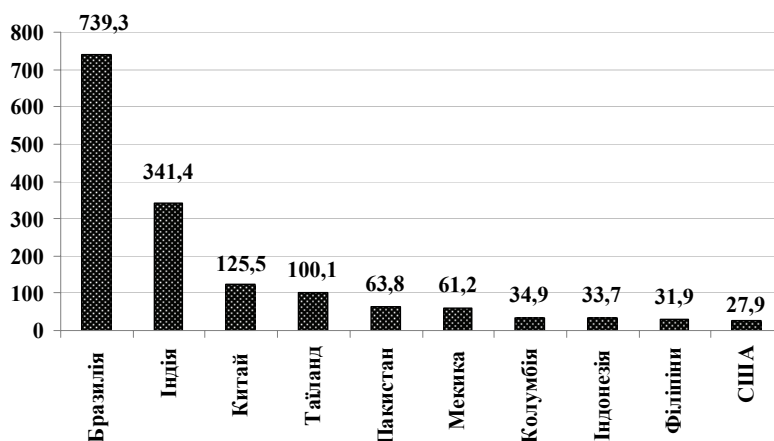


Рис. 15. Виробництво цукрової тростини у світі, тис. т

Джерело: сформовано авторами за даними Продовольчої і сільськогосподарської організації ООН [3].

Для удосконалення механізму налагодження виробництва біоетанолу з цукрових буряків в Україні необхідно впровадити низку заходів (рис. 14).

Отже, задля стабілізації та розвитку бурякоцукрового комплексу, що передбачатиме розширення посівних площ цукрових буряків та, як наслідок, збільшення обсягів їхнього виробництва, передусім необхідно знайти ринки збуту кінцевої продукції. Оскільки Україна не має вільного доступу на зовнішній ринок цукру, необхідно диверсифікувати роботу цукрових заводів і перейти на виробництво продукції, ринки збуту якої є всередині держави. Динамічний розвиток комплексу можливий лише у разі розширення внутрішнього ринку через збільшення номенклатури виробництва, у тому числі, виробництва біопалива.

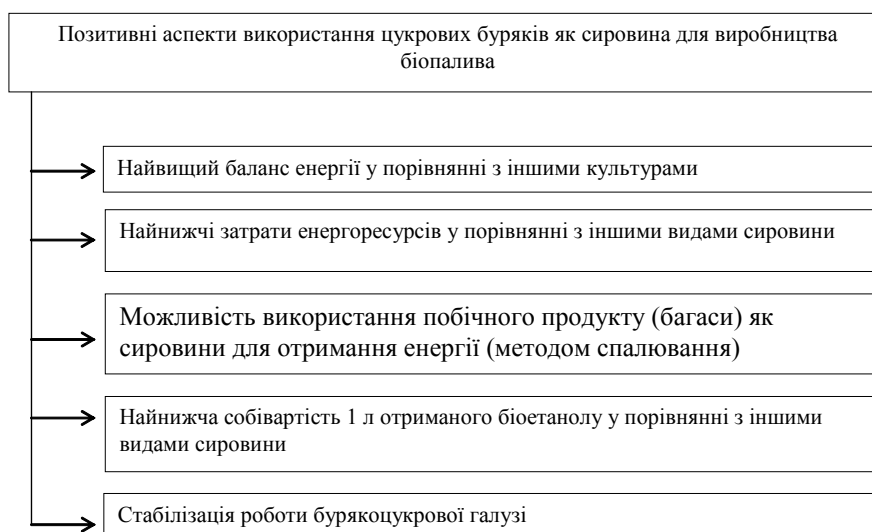


Рис. 16. Позитивні аспекти використання цукрової тростини як сировини для виробництва біоетанолу

Джерело: сформовано авторами.

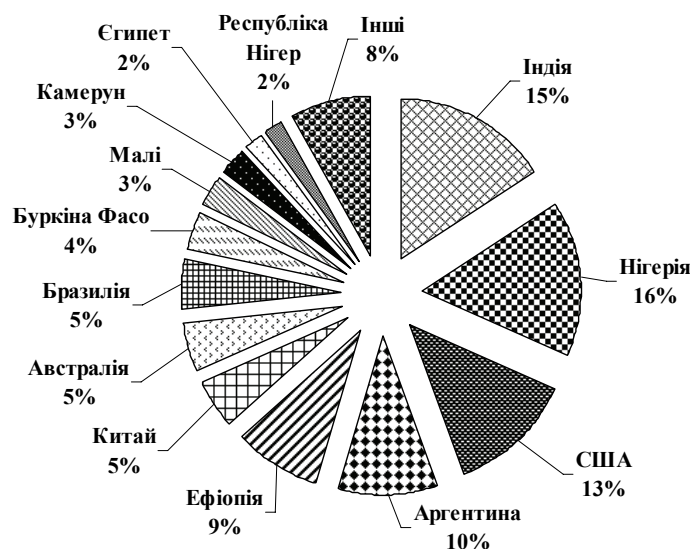


Рис. 17. Частина країн у світовому виробництві сорго, 2018 рік

Джерело: сформовано авторами за даними Продовольчої і сільськогосподарської організації ООН [3].

Таким чином, важливе значення бурякоцукрового виробництва полягає в тому, що воно забезпечує сировиною інші галузі харчової промисловості, його розвиток визначає продовольчу безпеку країни. З бурякоцукровим комплексом тісно пов'язана діяльність кондитерської, хлібопекарської, спиртової та інших підприємств харчової, а також машинобудівної та хімічної промисловості.

Для вирішення пріоритетних завдань щодо стабілізації та розвитку сільського господарства ефективність функціонування бурякоцукрового комплексу набуває особливої уваги. Низькі показники виробництва цукрових буряків призводять до скорочення їхніх посівних площ і переорієнтації на інші, більш економічно вигідні види продукції рослинництва з подальшим експортом їх за кордон. Як наслідок, значна частина виробничих потужностей комплексу не задіяна, що негативно відображається на результатах роботи та призводить до погіршення функціонування.

Зниження економічної ефективності виробництва цукрових буряків призводить до зниження інтересу аграрних підприємств до вирощування цього виду продукції. Як наслідок, в Україні скорочується виробництво цукру, зростає залежність від імпорту, втрачаються робочі місця, погіршується економічний і соціальний рівень життя людей.

Ефективною сировиною для виробництва біоетанолу є цукрова тростина. Цю багату цукром культуру масово вирощують в Південній Америці, Таїланді, Індонезії. Дана культура найкраще підходить для вирощуван-

ня у субтропічній та тропічній кліматичних зонах. Цукрова тростина є найбільшим в світі урожаєм за обсягом виробництва: в 2016 році було вироблено 1,9 млрд. Тонн, а на частку Бразилії припадає 41% світового обсягу. За оцінками Продовольчої і сільськогосподарської організації, в 2012 році вона була оброблена на площі близько 26 мільйонів гектарів (64 мільйони акрів) в більш ніж 90 країнах. Основні виробники цукрової тростина у світі наведено на рисунку 15.

Вчені з університету Ілінойса (США) створили генно-модифікований сорт цукрової тростини, який можна вирощувати на малородючих землях, непридатних для харчових культур. Окрім того, новий сорт містить більше олії в порівнянні з немодифікованими сортами і при цьому зберігає майже така ж кількість цукру. Це дозволяє одночасно виробляти з рослини два види біопалива — біоетанол і біодизель, що робить процес ще більш рентабельним і технологічно ефективним. Виготовлення біоетанолу з цукрової тростини має ряд переваг: забезпечується найвищий баланс енергії; собівартість виробленого палива у шість разів дешевше, ніж з кукурудзи. Вирощування тростини потребує менше хімікатів, зокрема пестицидів і добрив, тому є економічно доцільним, особливо в країнах Південної Америки. Переваги використання цукрової тростини як сировини для виробництва біоетанолу наведено на рисунку 16.

Водночас використання цукрової тростини як сировини для виробництва біопалива має також певні недоліки, зокрема знищуються значні площі лісів задля перетворення на плантації цукрових буряків, що, як наслідок має негативний вплив на навколишнє середовище та порушує біорізноманіття. Водночас, оскільки біоетанол з цукрової тростини є найдешевшим, його часто експортують в інші країни.

Ще однією перспективною культурою для виробництва біоетанолу є цукрове сорго. Цукрове сорго — високоефективна сільськогосподарська культура, здатна формувати стабільні високі врожаї навіть за несприятливих ґрунтово-кліматичних умов. Сорго це високоросла прямостояча рослина заввишки до 3,0—4,0 м (у тропічних країнах може сягати 5,0—6,0 м) із гладкою поверхнею стебла бурштиново-зеленого кольору, вкритого восковим нальотом. Характерною особливістю цукрового сорго є те, що в соку стебел рослин містяться вуглеводи (10—20%), які на 60—80% складаються із цукрози і 20—40% — фруктози та глюкози. Урожайність маси стебел сорго у середньому

становить 50—80 т/га, а деяких сучасних гібридів — ще більше. У 2018 р. загальний обсяг світового виробництва біомаси цукрового сорго у 20 провідних країнах-виробниках становив 42 млн т. Основними виробниками цукрового сорго були Нігерія, Індія, Аргентина та США (рис. 17).

Позитивною біологічною властивістю сорго є здатність формувати стабільно високі врожаї за високих температур і мінімальних запасів вологи в ґрунті. Сорго належить до посухостійких культур, що дає змогу вирощувати його у посушливих районах Півдня України. Вегетаційний період сорго становить близько 90—115 днів.

Попередні висновки свідчать, що виробництво біопалива з цукрового сорго має економічні перспективи, оскільки: природо-кліматичні умови відкривають можливості для вирощування цукрового сорго в посушливих південних районах, де вирощування цукрових буряків є економічно недоцільним, що сприятиме створенню нових робочих місць та розвитку сільських регіонів; при переробці цукрового сорго для отримання харчового сиропу як побічного продукту виходить віджата маса (сорговий жом), яку можна використовувати для отримання біогазу, що знизить собівартість отриманого біоетанолу.

Перспективною сировиною для виробництва біоетанолу є лігніно-целюзна біомаса. Цю назву носить біомаса трав'янистих і дерев'янистих рослин, яка складається з трьох біополімерів: целюлози (полімер глюкози), геміцелюлози (полімер глюкози та ксилози) та лігніну (полімер ароматичних спиртів). Виробництво біоетанолу з такої сировини називають "біопаливом другого покоління". Сировиною для виробництва такого біопалива може бути солома. Відходи деревообробної промисловості, побічна продукція переробки цукрової тростини на цукор (багасса), використаний папір, енергетичні культури (міскантус, світчграс) та швидкорослі енергетичні дерева (верба і тополя).

Міскантус — це швидкоростуча енергетична культура, багаторічна трава, яка вважається однією із енергетичних рослин європейської кліматичної зони. Охоплює 17 видів багаторічних трав родом з субтропічних і тропічних регіонів Африки та Азії. Рослини невибагливі до ґрунту, вологи та температури, а врожайність їх сягає 30—35 т/га з високим вмістом целюлози. Для виробництва біоетанолу використовують міскантус гігантський.

Площі під цією культурою щороку збільшуються, оскільки вирощування міскантусу, як

сировини для виробництва біопалива, вважається одним з найменш витратних.

Зараз міскантус гігантський вирощується і переробляється у багатьох європейських країнах: Австрії, Данії, Франції, Німеччині, Угорщині, Польщі, Швеції, Великобританії та інших. Причому площі під цією культурою постійно збільшуються

В Україні, завдяки вирощуванню міскантусу, можна вирішити дві проблеми: використувати для вирощування малопродуктивні землі та зменшити залежність від викопних джерел енергії — газу і вугілля.

Світчграс (Switchgrass — *Panicum virgatum* L.). Це прямостояча теплолюбна багаторічна рослина (С4), яка росте в преріях і схожа на куштовий злак.

Починаючи з кінця 80-х рр. різновиди цієї культури почали розглядати, як трав'яну енергетичну культуру (біопаливо). Основними способами використання світчграсу в США та Канаді є: виробництво електроенергії шляхом газифікації, комбіноване спалювання на вугільних заводах та виробництво біопального. Нещодавно використання цієї енергетичної культури розширилося виробництвом целюлозних і волокнистих ущільнених композиційних матеріалів. Світчграс вирощують на різних ґрунтах, він не вибагливий до вмісту вологи та поживних речовин у ґрунті і має позитивний вплив на навколишнє середовище. Перевагами світчграсу є: незначна потреба використання пестицидів, боротьба з ерозією ґрунту, сприяння збереженню природних умов та потенціал до поліпшення якості ґрунту. Світчграс має складові, типові для біопаливної біомаси: близько 50% вуглецю, 43 — кисню і 6% водню. Рослини мають високий вміст золи — до 4—6%, що пояснюється високою часткою листової маси. Порівняно низький вміст калію та натрію у комбінації з підвищеним вмістом кальцію та магнію в біомасі сприяють вищій температурі згоряння, що зменшує імовірність шлакування під час спалювання в котлах. Собівартість світчграсу (біопалива) в різних країнах коливається від 24 до 62 євро/т сухої речовини.

Світова спільнота пов'язує необхідність використання такої нехарчової сировини зі значним збільшення виробництва біоетанолу, зменшення його собівартості та підвищення конкурентної спроможності.

Один з факторів, що ускладнюють виробництво рідкого палива з лігніно-целюлозної маси, — молекули целюлози й геміцелюлози, прошиті лігніновою оболонкою з великою кількістю перекресних зв'язків, мало доступні як для мікро-

організмів і ферментів, так і хімічних реагентів при здійсненні процесів деполімеризації поліцукридів. Тож для підвищення доступності целюлози й геміцелюлози клітинна структура біомаси має бути зруйнована з розривом їх зв'язків з лігніном. З цією метою та наступного гідролізу целюлози й геміцелюлози використовують механічне подрібнення біомаси, розчинення лігніну хімічними розчинниками, паророзривні технології, дію кислотами, окислювачами, різними бактеріями й ферментами, різні фізичні дії, а також комбіновані методи.

Отже, у зв'язку зі зменшенням запасів видобувної органічної сировини в останні роки в світі приділяється увага питанню хімічної та біотехнологічної переробки біомаси. Перспективною сировиною для виробництва біоетанолу є лігніно-целюлозна біомаса — дешевий швидковідновлюваний ресурс, яким Україна забезпечена в повній мірі.

ВИСНОВКИ

Таким чином, Україна має потужне сільське господарство та конкурентні переваги для виробництва біопалива — родючі ґрунти, сприятливу сільськогосподарську інфраструктуру, кваліфіковані кадри. Проведений аналіз основних видів сировини для виробництва біоетанолу виявлено, що у світовій практиці ринок біоетанолу формується на основі використання таких енергетичних сільськогосподарських культур: цукрової тростини, кукурудзи, пшениці, жита, ячменю, цукрових буряків, цукрового сорго, топінамбура, касави, батату, картоплі. В умовах України найбільш перспективними видами сировини для виробництва біоетанолу є цукрові буряки та меляса, фуражне зерно, кукурудза. У результаті економічної характеристики вирощування сировини для виробництва біопалива визначено, що в Україні наявна потужна сировинна база, яка включає в себе основні крохмалевмісні, цукровмісні сільськогосподарські культури, що дають високий вихід біопалива.

Література:

1. Офіційний вебсайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>
2. Про альтернативні види палива [Електронний ресурс]: Закон України від 14.01.2000 № 1391-XIV. — Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14>
3. Продовольча і сільськогосподарська організація ООН (FAO). — Електронний ресурс. <http://www.fao.org/home/ru/>

4. The official website of International Energy Agency (2019) available at: <https://www.iea.org/tcep/transport/biofuels/>

5. Kaletnik G., Pryshliak N. Bioenergy potential development of the agrarian sector as a component of sustainable development of Ukraine. Management mechanisms and development strategies of economic entities in conditions of institutional transformations of the global environment: collective monograph. Edited by M. Bezpartochnyi, in 2 Vol. ISMA University, Riga: "Landmark" SIA, 2019. 96—104.

6. Kaletnik G., 2018. Production and use of biofuels: Second edition, supplemented: textbook. Vinnytsia: LLC "Nilan-Ltd", 336 p.

7. Zulauf, C. Prutska, O. Kirieieva E. and Pryshliak, N. (2018), "Assessment of the potential for a biofuels industry in Ukraine", Problems and Perspectives in Management, vol. 16 (4), pp. 83—90. doi:10.21511/ppm.16(4).2018.08.

References:

1. The official website of State Statistics Service of Ukraine (2019), available at: <http://www.ukrstat.gov.ua>. (Accessed 15 October 2019).

2. Verkhovna Rada of Ukraine (2000), The Law of Ukraine "About alternative fuels", available at: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14> (Accessed 25 Sept 2019).

3. The official website of Food and Agricultural organization of United Nations (2019), available at: <http://www.fao.org/home/ru/>. (Accessed 23 October 2019).

4. The official website of International Energy Agency (2019), available at: <https://www.iea.org/tcep/transport/biofuels/> (Accessed 24 October 2019).

5. Kaletnik, G. and Pryshliak, N. (2019), "Bio-energy potential development of the agrarian sector as a component of sustainable development of Ukraine", Management mechanisms and development strategies of economic entities in conditions of institutional transformations of the global environment: collective monograph, vol. 2, ISMA University, "Landmark" SIA, Riga, Latvia, 96—104.

6. Kaletnik, G. (2018), Production and use of biofuels, Second edition, LLC "Nilan-Ltd", Vinnytsia, Ukraine.

7. Zulauf, C. Prutska, O. Kirieieva E. and Pryshliak, N. (2018), "Assessment of the potential for a biofuels industry in Ukraine", Problems and Perspectives in Management, vol. 16(4), pp. 83—90. doi:10.21511/ppm.16(4).2018.08.

Стаття надійшла до редакції 24.10.2019 р.