

## **ТЕМА 2. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ТА СПОЖИВАННЯ БІОЕТАНОЛУ**

### **Основні питання**

1. Загальні поняття та аспекти споживання біоетанолу.
2. Енергетична політика США щодо стимулювання виробництва етанолу.
3. Виробництво спирту етилового технічного з нехарчової сировини.
4. Виробництво спирту етилового технічного з вуглеводовмісної сировини.
5. Техніко-технологічні особливості виробництва біоетанолу з вуглеводовмісної сировини та енергетична оцінка його виробництва.
6. Використання спирту етилового технічного як органічної сировини.
7. Перспективні напрями виробництва та використання біоетанолу в Україні.

### **2.1. Загальні поняття та аспекти споживання біоетанолу**

**Біоетанол** – продукт біоконверсії вуглеводовмісної сировини (біомаса та / або органічні фракції відходів) з регламентованою кількістю супутніх та денатуруючих домішок.

Етанол виробляється методом зброджування цукрів (глюкози, сахарози та деяких інших) у безкисневому середовищі спиртовими дріжджами.

Світове виробництво етанолу у 2008 р. становило близько 65,4 млрд. л, з них країни ЄС виготовляли близько 2,8 млрд. л, тобто 4% від загального виробництва.

Нині у світі весь паливний етанол отримують методом зброджування цукрів (цукрова тростина) або сировини із вмістом крохмалю (здебільшого кукурудза). У Канаді, Бразилії та США діють державні програми з виробництва паливного етанолу. Світовими лідерами у цій галузі є США та Бразилія.

Нині США – найбільший виробник етанолу у світі, палива, яке дає змогу щороку заощаджувати близько 1,5 млрд. дол. на придбанні нафтопродуктів, забезпечувати стабільну роботу сільського господарства, створювати нові робочі місця за рахунок будівництва

спиртових заводів і поліпшувати екологічну ситуацію. Порівняно з Бразилією, виробництво паливного етанолу з кукурудзи у США прибутковіше. Сьогодні у країні діють податкові знижки на паливний етанол, щоб зробити його дешевшим за бензин. Згідно з підписаним президентом США законом, що має чинність і нині, ця знижка дорівнює 0,014 дол. на літр газохолу (суміші етанолу з бензином). Лідер з виробництва паливного етанолу в країні – штат Іллінойс, де розміщено два заводи потужністю по 1,05 млн. л на добу. Річна ж потужність спиртових заводів США з виробництва етанолу досягає 34 млрд л. У 20 штатах розміщено 56 підприємств з виробництва етанолу і ще 30-35 заводів будуються. Нині США є лідерами світового виробництва та споживання біоетанолу (рис. 2.1).

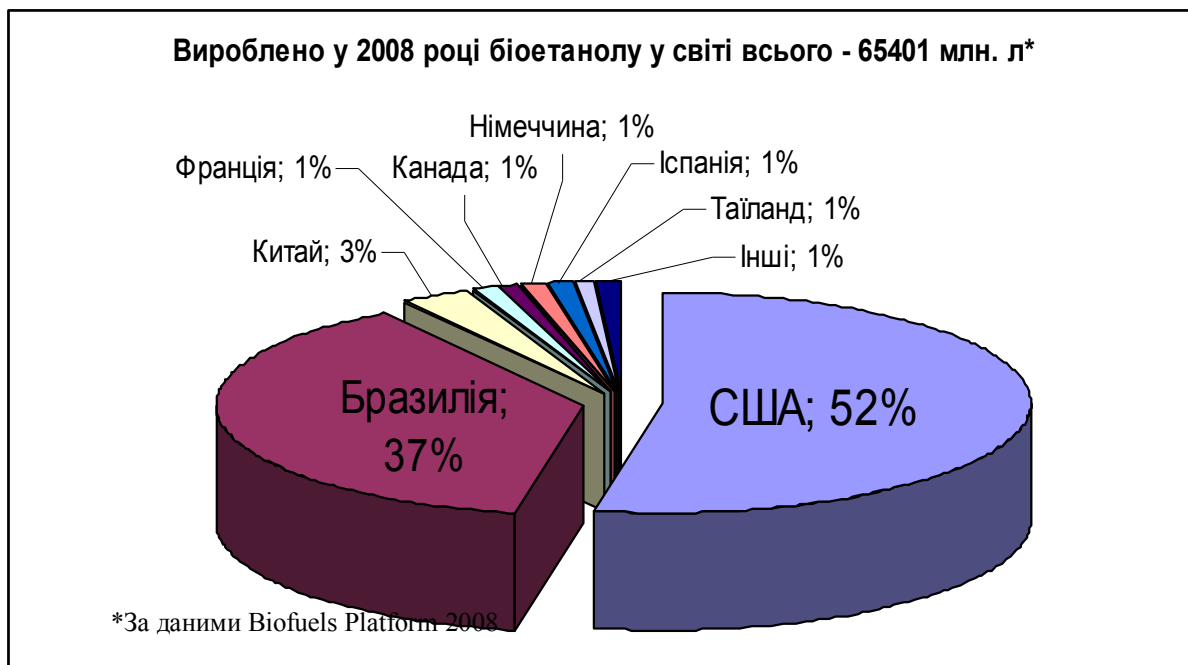


Рис. 2.1. Світові тенденції виробництва біоетанолу, %.

Завдяки сучасним технологіям використання цукрової тростини виробництво етанолу у Бразилії стало рентабельним: з 1990 р. його обсяги щороку зростали на 4%, а собівартість зменшувалася на 3%. Раніше тут виробляли переважно етанол як паливо для автомобілів зі спеціальними двигунами. Але останнім часом у Бразилії використовуються паливні суміші із вмістом етанолу: 26% – у бензині і 3% – у дизельному паливі. Такі суміші не потребують змін у конструкції двигунів внутрішнього згоряння чи дизельних двигунів. Щороку, залежно від ринку цукру, уряд країни визначає, який відсоток біоетанолу буде додаватися до моторних бензинів. Виробництво

біоетанолу у світі наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

### Світове виробництво етанолу у 2008 році

Країна	США	Бразилія	Китай	Франція	Канада	Німеччина	Іспанія	Таїланд	Колумбія	Польща	Індія	Інші
Вироб. етанолу, млн. л	34070	24500	1900	950	900	581	346	340	256	200	344	1118

Країни ЄС щороку виробляють 2,8 млрд. л етанолу, але як паливо його використовують менше 10%. У 2001 р. дві комісії ЄС прийняли Директиви щодо використання біопалива країнами цього об'єднання, – так звані “біодирективи” про обов’язковість вмісту біопалива у традиційному пальному для транспорту. Серед інших до відновлюваних видів палива віднесено біоетанол і ЕТБЕ (етил-трет-бутиловий ефір). Майже всі зареєстровані в ЄС транспортні засоби технічно придатні для використання палива з добавкою до 15% біоетанолу або ЕТБЕ.

Досвід останніх десятиріч показує, що основна частина етилового спирту використовується на технічні потреби. Так, у США на технічні потреби, у тому числі на виробництво паливного етанолу (біоетанолу), витрачається близько 95% всієї кількості спирту, що виробляється. У Бразилії у 1990 р. хімічна промисловість використала понад 100 млн. дал технічного спирту. У Франції 78% етилового спирту відводиться на технічні потреби.

Україна як індустріальна держава потребує великої кількості технічного спирту, який використовується у хімічній, біохімічній, целюлозно-паперовій, автотранспортній, оборонній промисловості. Загалом, близько 160 виробництв використовують технічний спирт як сировину.

В усіх перерахованих випадках більш економічно використовувати технічний спирт, а не високоочищений харчовий. Це пов’язано з тим, що сировиною для технічного спирту може бути дешеве дефектне зерно, меляса, технічні культури: топінамбур, сорго, тапіока тощо, а також побічні спиртовмісні відходи брагоректифікації.

Однією із проблем світової спільноти є позбавлення економіки надмірної залежності від нафти та пального, виробленого на її основі. На думку американських експертів, це можна зробити за рахунок широкомасштабного впровадження нових технологій та альтернативних видів палива, зокрема алкогolemістких речовин, вироблених із сільськогосподарських культур, та біопалива. При цьому як основний альтернативний енергоносіє, який міг би використовуватися як пальне для автомобілів з бензиновими двигунами, розглядається етанол.

Масштабний перехід на альтернативне пальне матиме такі переваги:

- створення додаткових робочих місць, пов'язаних із впровадженням та удосконаленням нових енерготехнологій;
- створення практично необмеженого ринку збуту для сільськогосподарської продукції як національних виробників, так і виробників третіх, в т.ч. найбідніших країн;
- стимулювання світового економічного розвитку й торгівлі за рахунок створення фактично нового глобального ринку альтернативних енергоносіїв;
- скорочення фінансування нестабільних або авторитарних режимів, які володіють запасами нафти та підтримують терористичну діяльність;
- впровадження дієвого механізму соціальної підтримки найбідніших країн Африки та Карибського басейну, які могли б виробувати сировину для виробництва нових видів палива;
- зменшення вірогідності протистояння та конфліктів між державами через контроль над нафтовими регіонами;
- наявність у нового пального більш безпечних для навколишнього середовища характеристик згоряння, ніж у традиційного бензину.

Перехід на альтернативне паливо не вимагає від держав значних бюджетних коштів для розвитку відповідної інфраструктури та технологій. Необхідно лише створити відповідну законодавчу базу, яка, зокрема, змусила б автовиробників обладнати всі нові автомобілі системою використання різних видів пального (flex fuel system), тобто як звичайного бензину, так і сумішей, які б містили до 100% етанолу або метанолу. За деякими оцінками, максимальна вартість такого обладнання могла б становити 100 дол. США. З метою

реалізації подібної ініціативи, наприклад, Конгрес США закликано прийняти відповідний закон (Flex Fuel Mandate).

Світова енергетика, орієнтована на алкоголемістке паливо, на відміну від нафтової, має колосальні ресурси для забезпечення енергетичних потреб людства.

Сьогодні нові технології використання алкоголемістких видів пального дійсно потребують додаткового вивчення, у тому числі з точки зору економічної ефективності, оптимальних технологій виробництва та вигідного транспортування.

Переважний обсяг цих завдань спроможний вирішити ринок, водночас як уряд та парламент мають лише створити необхідні передумови та підтримати відповідні законодавчі ініціативи.

## **2.2. Енергетична політика США щодо стимулювання виробництва етанолу**

Позбавлення нафтової залежності є та залишатиметься одним з імперативів енергетичної політики американського уряду, реалізація якого вимагатиме технологічного прориву. Переорієнтування економіки США на переважне використання альтернативного пального вартувало б близько 90 млрд. дол. США на рік, а сьогодні Сполучені Штати витрачають понад 140 млрд. дол. США на придбання нафти.

Нині визнається помилковою екстенсивна енергетична політика США, яка ґрунтувалася на принципах диверсифікації джерел постачання нафти та газу, а також інвестування у нові родовища – тобто забезпечення достатньої кількості енергоносіїв за прийнятною ціною. Відтепер задекларованим пріоритетом енергетичної політики США стає якісна зміна структури енергоспоживання та енергобалансу, яка передбачає:

- значне скорочення споживання вуглеводнів (10 млн. барелей на день) до 2031 року;
- масштабне виробництво альтернативних видів палива, зокрема етанолу, а також технологічне переоснащення виробничих потужностей та національного автопарку з метою їх використання;
- впровадження енергоощадних технологій та відновлювальних джерел енергії в національному масштабі;
- відновлення програм розвитку вугільної промисловості;
- розконсервування національних нафтових запасів;

- підтримання конструктивного діалогу з країнами-постачальниками нафти й газу, а також найбільшими імпортерами енергоносіїв з метою підтримання стабільності світового нафтового ринку.

Основними інструментами для досягнення цих цілей стають законодавчо закріплені податкові та фінансові стимули для розвитку альтернативної енергетики, а також поступова якісна зміна інфраструктури та стандартів енергоспоживання в країні. Масштабність та складність завдання не роблять його менш необхідним, оскільки сьогодні енергозалежність США від окремих країн загрожує:

- успішній реалізації зовнішньої політики;
- суттєвим зменшенням політичної та економічної ваги Сполучених Штатів на міжнародній арені;
- національному добробуту та економічній стабільності;
- можливістю критичної втрати контролю за ситуацією як всередині країни, так і в світі внаслідок глобального енергетичного дисбалансу.

Адміністрація США розробила (25.04.06) План щодо протидії зростанню цін на бензин, який складається з чотирьох основних частин (The Presidents Four-Part Plan To Confront High Gasoline Prices). Вихід цього документа було зумовлено надмірною залежністю Сполучених Штатів від імпорту нафти та нафтопродуктів, що суттєво зменшує їх вплив на світовій арені.

Президентський план містить такі заходи:

1. Забезпечення прав споживачів під час обслуговування на заправних станціях.

Цей пункт передбачає заходи, спрямовані на протидію можливим маніпуляціям та зловживанням на ринку нафтопродуктів. Для цього Президент США уповноважує Міністерство енергетики, Міністерство юстиції, а також Федеральну торговельну комісію (ФТК) для ведення розслідування можливих фактів маніпулювання цінами на пальне. Крім того, Генеральному прокуророві разом із представниками ФТК доручається надавати відповідну технічну допомогу прокурорам штатів та за їх безпосередньої участі здійснювати активний моніторинг фактів можливих зловживань у торгівлі бензином.

Передбачається також запропонувати Конгресу США скасувати низку податкових пільг, наданих нафтовим компаніям.

Передбачається також, що нафтові компанії реінвестуватимуть свої доходи у збільшення виробничих потужностей пального, розробку альтернативних джерел енергії, розвиток нових технологій та збільшення видобутку.

2. Запровадження більшої ефективності використання пального.

Це положення передбачає прийняття Конгресом відповідних податкових стимулів для покупців гібридних автомобілів, які споживають меншу кількість бензину, а також автомобілів, які використовують дизельне паливо. Зазначені стимули (у розмірі 3400 дол. США) мають збільшити питому частку гібридів та дизельних автомобілів у загальному обсязі продажу нових автомобілів у США.

Планується також зменшити на 20% обов'язковий ліміт використання пального комерційним автотранспортом, зокрема легкими вантажівками.

З метою більш гнучкого реагування на ситуацію на ринку та уникнення перебоїв з постачанням бензину через місцеве законодавство планується також надати права федеральному уряду певною мірою змінювати технічні вимоги штатів щодо хімічного складу пального (наприклад, збільшивши частку етанолу).

Крім того, з метою уникнення регіональних перекосів у постачанні нафтопродуктів планується уніфікувати марки пального відповідно до єдиної класифікації, оскільки в США існує надмірна кількість місцевих марок бензину.

Планується також скасувати законодавче обмеження на ведення розвідки та видобутку нафти на заповідних територіях Арктики.

3. Збільшення інвестування в альтернативні до нафти енергоносії, які б могли зменшити залежність від бензину.

Вже нині до 40% пального в США містить певну кількість етанолу, що є національним продуктом, сировина для якого виробляється американськими фермерами. З огляду на його екологічну чистоту, меншу вартість передбачається суттєво збільшити обсяги його виробництва та створити необхідну інфраструктуру для його масового використання споживачами. Нині у США нараховується 130 заводів з виробництва етанолу і ще 200 заплановані до спорудження та знаходяться на стадії будівництва. Виробники етанолу отримують податкові пільги. Також у розвиток

його виробництва інвестуватимуться бюджетні кошти. Упродовж найближчих років передбачається подвоїти виробництво етанолу.

Спільні зусилля Адміністрації Президента та Конгресу США у цьому напрямі будуть спрямовані на:

запровадження змін до податкового кодексу, які б передбачали постійно діючі податкові стимули для інвесторів у сфері альтернативних і відновлювальних енергоносіїв, а також енергоощадних технологій;

- надання федеральної фінансової підтримки науково-дослідницьким проектам у сфері енерготехнологій;

- стимулювання змін на споживчому ринку транспортних засобів. Зокрема, планується через запровадження податкових пільг суттєво збільшити кількість гібридних автомобілів (як у приватній, так і у корпоративній власності);

- практичну реалізацію технологічних проектів щодо створення моделей транспортних засобів, придатних до комерційної експлуатації, які б використовували як паливо водень або електричну енергію;

- збільшення обсягів виробництва етанолу, біодизельного палива, а також створення ефективних технологій виробництва целюлозного етанолу з біомаси;

- будівництво більшої кількості терміналів для транспортування зрідженого природного газу;

- створення до 2012 року технологій будівництва екологічно чистих вугільних електростанцій;

- збільшення кількості ядерних електростанцій, функціонування яких було б безпечним для навколишнього середовища;

- під час впровадження енергоощадних технологій у побуті, а також при будівництві житла, комерційної нерухомості та промислових об'єктів.

На підтвердження налаштованості уряду на реалізацію вищезгаданих ініціатив у сфері альтернативної та відновлювальної енергетики за час президента Дж. Буша Сполучені Штати інвестували понад 10,2 млрд. дол. США федеральних коштів у розвиток нових енерготехнологій.

## **Законодавче забезпечення**



З метою реалізації нових принципів забезпечення енергетичної безпеки США опрацьовується низка законодавчих ініціатив, які б сприяли урізноманітненню “енергетичного портфеля” (energy portfolio) Сполучених Штатів, зокрема домінуванню відновлювальної енергії.

Так, з метою стимулювання якісних змін у структурі енергоспоживання США сенатор Р. Лугар реалізовує низку законодавчих ініціатив, які:

- зобов’язують федеральні органи влади розробити план обмеження споживання Сполученими Штатами нафти у розмірі 10 млн. барелей на день до 2031 року;
- скасовують обмеження на податкові пільги для покупців гібридних автомобілів;
- зобов’язують переведення 30% державного автопарку на використання альтернативних видів енергії;
- надають кредитні та податкові пільги для: розбудови інфраструктури з виробництва та продажу етанолу; переобладнання виробничих потужностей автомобільних компаній з метою збільшення частки гібридних автомобілів та переобладнання впродовж найближчих 10 років усіх нових автомобілів на використання етанолових сумішей;
- встановлюють стандарти для альтернативних видів пального, зокрема етанолу, та стимулюють його просування на масовий споживчий ринок;
- через податкові пільги стимулюють муніципальну владу та фермерські господарства використовувати відновлювальні джерела енергії, а також скорочувати споживання вуглеводнів;
- передбачають збільшення частки етанолу в енергетичному балансі США;
- зобов’язують нафтові компанії встановлювати заправні станції для етанолового палива.

Основним законодавчим документом у США, в якому прописано засади стимулювання виробництва відновлювальних джерел енергії, передусім етанолу, є Акт енергетичної політики від 2005 року (The Energy Polisy Act of 2005 H.R.).

Прийнятий закон запроваджує стандарти відновлювальних джерел енергії (renewable fuels standart – RFS) і зміст його основних положень зводиться до такого:

- закон встановлює обсяги палива, що мають відповідати стандартам, починаючи з 4 млрд. галонів у 2006 році і їх збільшення до 7,5 млрд. галонів у 2012 році (2006 – 4,0; 2007 – 4,7; 2008 – 5,4; 2009 – 6,1; 2010 – 6,8; 2011 – 7,4; 2012 – 7,5);

- визначає обсяг відновлювального палива у розмірі 2,78% із подальшим корегуванням цієї цифри із Агентством США із захисту довкілля;

- визначає, що починаючи з 2013 року мінімум 250 мільйонів галонів на рік целюлозного етанолу буде додатково підпадати під стандарти відновлювальних джерел енергії;

- створює гнучкі механізми сприяння виробникам біопалива шляхом створення програми кредитування, яка дозволяє їм ефективно реалізовувати свою продукцію. Причому за цією кредитною програмою виробники мають змогу отримувати сировину за невисокими цінами, а кінцеві споживачі – паливо також за порівняно нижчими цінами. Кредити за стандартами відновлювальних джерел енергії повинні надаватися на 12 місяців. Встановлено, що кожен галон целюлозного етанолу є еквівалентом 2,5 галонів біопалива;

- встановлює пільги при оподаткуванні малих виробників біопалива (якщо потужності розраховані на обсяг виробництва до 75,000 барелів на день) до 1 січня 2011 року. Малим виробникам надається право вибору – або використовувати пільгові преференції, або програму кредитування;

- вимагає здійснення щорічних досліджень щодо сезонних коливань у розмірах споживання біопалива;

- забезпечує захист споживачів у разі негативного впливу на економіку чи навколишнє середовище, спричиненого стандартами відновлювальних джерел енергії;

- підсилює норми стану чистоти повітря шляхом запровадження відповідних стандартів відновлювальних джерел енергії;

- створює програми грантів та гарантованих позичок для стимулювання виробництва целюлозного етанолу;

- створює програми грантів та позичок для стимулювання виробництва етанолу з цукру.

Конгрес США ухвалив декілька законодавчих актів, які стимулюють збільшення інвестицій у виробництво етанолу в США. Прийняті закони, зокрема, розширюють базу оподаткування та запроваджують нові форми податків, які потім спрямовуватимуться

на посилення виробничих потужностей виробництва целюлозного етанолу, а також продовжили дію системи відшкодування податків, сплачених при купівлі імпортного етанолу.

Міністерство сільського господарства США також бере активну участь у законодавчому забезпеченні стимулювання виробництва біопалива в США, зокрема шляхом регулювання діяльності фермерських господарств щодо підтримки вирощування відповідних культур. Так, нещодавно були збільшені прогнозні показники цін реалізації кукурудзи і соєвих бобів, які здебільшого використовуються для виробництва етанолу в США (<http://www.usda.gov/oce/commodity/washe/latest.txt>).

У США вже три штати – Міннесота, Монтана та Гавайї законодавчо відрегулювали, що автомобільне пальне має містити 10% етанолу.

### **Аналіз окремих аспектів нарощування виробництва етанолу в США**

Різке збільшення виробництва етанолу в США, особливо протягом останніх п'яти років, призводить до відчутних змін, передусім, в енергетичному та сільськогосподарському секторах економіки країни. Політики, науковці, економісти дедалі ретельніше аналізують вплив цих змін, ефективність реалізації цього проекту з виробництва етанолу в загальному національному масштабі, а також його перспектив.

Під час здійснення аналізу тогочасних подій, які передували прийняттю рішень про різке збільшення виробництва етанолу, зазначається про домінування саме політичного аспекту у виборі шляхів диверсифікації енергозабезпечення США. Пропагандистська кампанія під назвою “Проект сільськогосподарської політики XXI століття” активно провадилася представниками республіканської партії (штати Канзас і Південна Дакота). Колишній президент Дж. Буш та засновник компанії Майкрософт Б. Гейтс, зокрема, є співзасновниками і членами керівництва великих компаній з виробництва етанолу. За сім років відома в США Асоціація відновлювальних видів палива офіційно збільшила на 60% витрати для забезпечення лобіювання своїх концептуальних ідей діяльності. Десять найбільших виробників етанолу та відповідних торговельних корпорацій США вклали 4,7 млн. дол. США у відповідну інформаційно-пропагандистську кампанію, починаючи з 2000 року.

У результаті, Конгрес у 2005 році вдався до безпрецедентного заходу: новим законом встановлено стандарт щодо вмісту частки етанолу в бензині, який реалізується на ринку. Відповідно до цього стандарту, кількість етанолу, яка має додаватися до бензину, подвоюється до 2012 року.

З того часу виробники палива стали масово переходити на виробництво етанолу. Сьогодні 60% виробництва етанолу в країні забезпечують малі компанії. Малий бізнес, на відміну від великих енергетичних корпорацій, здатний був проявити гнучкість в освоєнні випуску нового виду палива з урахуванням, насамперед, роздрібненої схеми субсидіювання.

Майже половина всього обсягу палива, що продається нині в країні, містить 10% етанолу. У такий спосіб фактично половина енергетичного ринку палива “захоплена” цим товаром.

На продовження і чергове посилення політичної підтримки виробництва етанолу колишній Президент США Дж. Буш в останньому щорічному зверненні до нації передбачив збільшення виробництва відновлювального палива, а саме етанолу, в сім разів до 2017 року. Крім цього, відомі політики, які раніше доволі стримано ставилися до виробництва етанолу, дедалі активніше підтримують цей проект.

Прихильники етанолового буму зазначають, що з урахуванням привабливої ціни на кукурудзу сільськогосподарські виробники збільшуватимуть сільськогосподарські угіддя під кукурудзу, а також підніматимуть рівень врожайності за допомогою нових видів насіння та використання генетичної технології. Американські фермери планують виділити 88 мільйонів акрів угідь під кукурудзу.

У США пальне марки Е-85, що означає суміш із 85% етанолу та 15% звичайного бензину, реалізується більше, ніж на 1 тис. автозаправних станцій по всій країні.

Як історичний приклад – знадобилося ціле століття, щоб етанол, принаймні, зафіксував своє місце на енергетичному ринку США. Генрі Форд у 1908 році випустив свій перший автомобіль моделі “Т”, який працював як на бензині, так і на етанолі. Однак велика різниця у собівартості бензину і етанолу на той час зняла питання про використання етанолу на 70 років, коли ціни на бензин різко зросли. Тоді Конгрес уперше прийняв рішення про необхідність державної підтримки виробництва етанолу.

### **Енергетична політика Барака Обами:**

1. Зниження емісії парникових газів на 80% до 2050 року.
2. Інвестиції в альтернативну енергетику: до 2025 року виробництво 25% енергії у США буде здійснюватися заводами з альтернативних видів енергії.
3. Підтримка технологій виробництва біопалив другого покоління: розробка технологій виробництва етанолу з целюлози; до 2013 року з целюлози має бути вироблено не менше 2 мільярдів галонів етанолу; розвиток місцевого виробництва біопалив.
4. Повна нафтова незалежність: скорочення споживання нафти як мінімум на 35% або 10 млн. барелів у день до 2010 року.
5. Зниження енергомісткості економіки на 50% до 2030 року.
6. Світове лідерство США у боротьбі зі зміною клімату.

Крім того, 10 млрд. доларів державних інвестицій президент США Барак Обама обіцяє вкласти за 10 років у розвиток альтернативних джерел енергії. Ці гроші дозволять створити новий сектор економіки та забезпечити не менше 5 мільйонів нових робочих місць.

### **2.3. Виробництво спирту етилового технічного з нехарчової сировини**

Етанол технічний у країнах СНД виробляються різними галузями: гідролізною, нафтохімічною, харчовою.

У таблиці 2.2 наведено стандарти та основні показники технічних спиртів.

Спирт гідролізний (ГОСТ 17299-78) для виробництва каучуку отримують двох категорій. Спирт категорії А – з гідролізних субстратів, категорії Б – з лугів сульфитногідролізного виробництва. Ці спирти практично не очищуються від супутніх домішок. Шляхом азеотропної ректифікації з них отримують біоетанол технічний (СЕТ) абсолютований, який використовують у хімічній промисловості. Нафтохімічна промисловість випускає СЕТ синтетичний категорій А і Б (ТУ 7506008-31-91), ці спирти практично не очищені від основної маси легких домішок.

СЕТ синтетичний (ТУ 38.402-62-117-90) виробляють двох сортів шляхом гідрування етилену. Ці спирти є частково очищеними від домішок і використовуються як розчинники в біосинтезі, в хімічній промисловості.

Етанол технічний (ТУ 64-11-14-89) виробляють шляхом

ацетонобутилового бродіння і використовують як розчинник у лакофарбовій промисловості.

На заводах харчової промисловості СЕТ виробляють з молочної сировини (ТУ 49757-83).

Поряд із зазначеними вище спиртами як сировина для хімічної промисловості та як екстра-розчинник виробляється спирт технічний гідролізний (ГОСТ 18300-87) високого ступеня очищення.

Сировиною для виробництва гідролізного спирту можуть бути відходи переробки деревини, некондиційна деревина, а також відходи переробки сільськогосподарської сировини – кукурудзяний качан, соняшникове лушпиння, бавовникове лушпиння тощо. Тобто, ті матеріали, які містять в значній кількості поліцукри, перш за все целюлозу та геміцелюлозу.

Унаслідок гідролізу деревини або іншої целюлозовмісної сировини в присутності органічних кислот отримують так звані гідролізати, склад яких коливається в широких межах залежно від первинної сировини. Основними показниками гідролізатів є вміст редукуючих речовин та масове співвідношення гексоз і пентоз.

На спирт зброджуються тільки гексози, тому найбільш придатними видами сировини для виробництва спирту є такі, під час гідролізу яких утворюється максимальна кількість гексоз. Це, передусім, деревина хвойних порід. Менш придатною є деревина листяних порід, кора, кукурудзяний качан і соняшникове лушпиння.

На рис. 2.2 наведено принципову технологічну схему комплексної переробки рослинної сировини, яка передбачає отримання поряд з етиловим метилового спирту, лігніну, будівельного гіпсу, фурфуролу, рідкої вуглекислоти та кормових дріжджів.

Така комплексна переробка пов'язана не тільки з необхідністю підвищення рентабельності виробництва, але й з потребою зниження вмісту органічної частини барди і зменшення тим самим потужності очисних споруд.

Для очищення загальних стічних вод гідролізний завод повинен мати потужні очисні споруди повної біологічної очистки, які займають великі площі. За відсутності виробничих кормових дріжджів потужності очисних споруд мають бути збільшені у 3-4 рази. З економічної точки зору, суто гідролізно-спиртові заводи існувати не можуть. Вони повинні мати цехи кормових дріжджів. До складу гідролізного спиртоводріжджового заводу входить цех з виробництва фурфуролу, який утворюється з пентазанів на стадії гідролізу сировини.

Конденсати, які містять до 0,2-0,4% фурфуролу, не можуть бути скинуті на очисні споруди й тому повинні звільнюватися від нього.

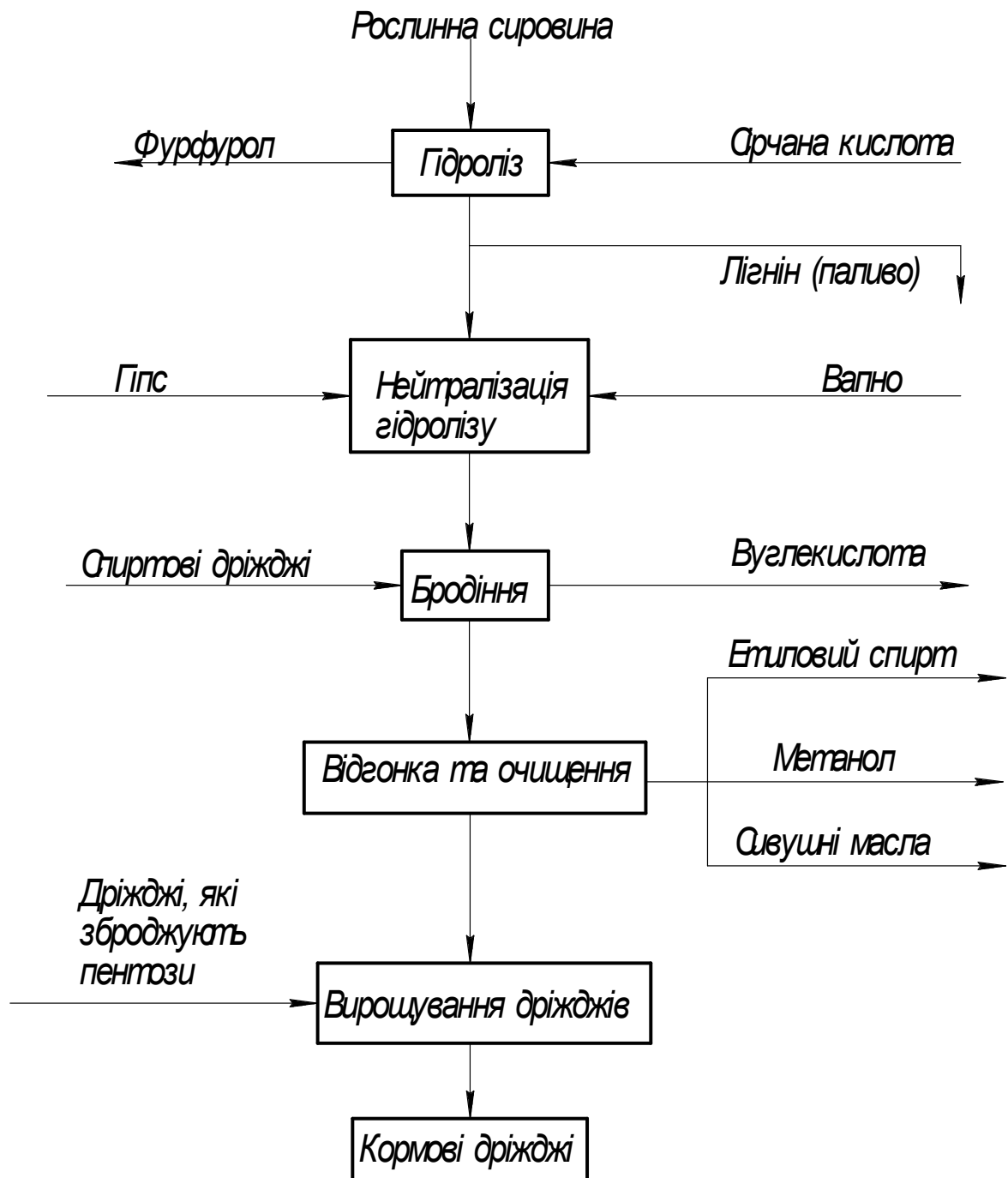


Рис 2.2. Виробництво спирту етилового технічного способом гідролізу рослинної сировини

Таблиця 2.2

**Стандарти на етанол технічний на спирт вироблений у гідролізній та хімічній промисловості**

Види спирту	Показники									
	Етанол, % об.	Альдегіди мг/дм <sup>3</sup>	Ефіри, Мг/дм <sup>3</sup>	Сивушне масло, мг/дм <sup>3</sup>	Кисло ти, мг/дм <sup>3</sup>	Метанол % об.	Проба на окислю- ваність, 20 °С, хв., не менше	Проба на чистоту	Фурфурол , мг/дм <sup>3</sup>	Сухий залишок, Мг/дм <sup>3</sup>
ГОСТ 17299-78 Категорії: А Б	95,0 94,0	200 350	80 180	500 1000	15 30	0,1 0,1	- -	витримує витримує	відсутній 5	10 20
ГОСТ 18300-87 Екстра	96,5	4	25	4	1	витримує	15	витримує		
Вищий сорт	96,5	4	30	4	0	витримує	15	витримує		
Перший сорт	96,5	10	40	10	15	витримує	10	витримує		
ТУ 38.402-62-117-90 Вищий сорт	92,5	0,7 % об.	0,2 % об.	—	7	-	-	-	-	5
Перший сорт	92,0	0,9 % об.	0,3 % об.	—	12	-	-	-	-	10
ТУ 64-11-14-89	95,0	-	-	-	50	-	-	-	-	30
ТУ 7506008-31-91 А- абсолютований	99,8	0,15% об.	0,15% об.	0	10	-	-	-	-	5
Б- ректифікований	96,0	0,15% об.	0,2% об.	-	10	-	-	-	-	5
ТУ 84-1203-89	99,8	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-
Ту 49-757-83	88,0	500	500	5000	-	0,1	-	-	-	-



Метод комплексної переробки рослинної сировини, який було розглянуто вище, ґрунтується на практично повному гідролізі поліцукрів. Лігнін при цьому залишається у вигляді нерозчинного осаду. На відміну від наведеного методу, переробка рослинної сировини ялинових порід деревини на сульфітну целюлозу, етиловий спирт, кормові дріжджі передбачає гідроліз тільки поліцукридів геміцелюлоз. Лігнін при цьому переходить у розчинний стан рис. 2.3.

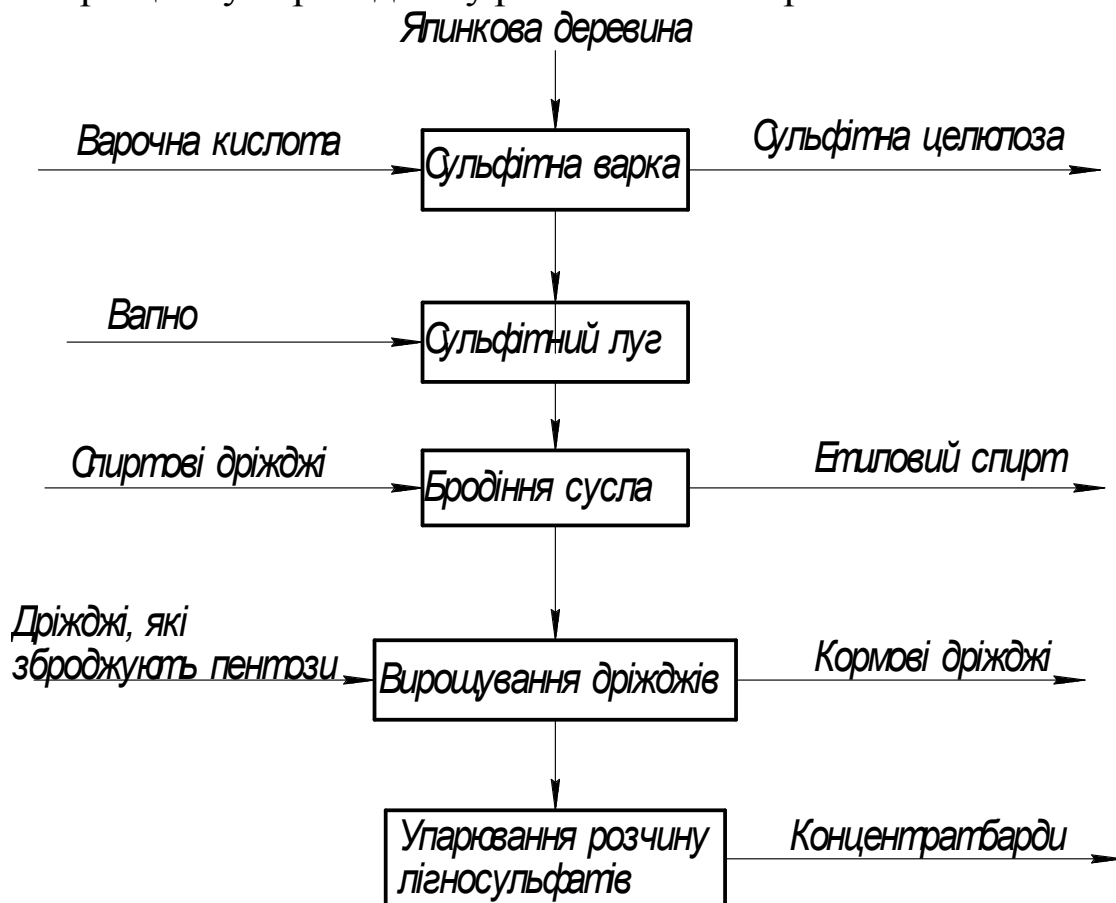


Рис. 2.3. Виробництво спирту етилового технічного з сульфітних лугів

Целюлоза набула широкого використання у виробництві паперу, віскозного шовку, кіноплівки тощо. Як реагент для вилучення целюлози використовують сульфітну варочну кислоту при температурі 130-140°C. Ця кислота – водний розчин сірчистого газу, до якого введено СаО. Після закінчення варки розчин, до якого перейшли розчинені речовини, відокремлюють від целюлози й у вигляді сульфітного луку спрямовують на бродіння. Спирт, який отримано таким способом, має назву сульфітний.

Виробництво гідролізного й сульфітного технічного спиртів та обов'язкової супутньої продукції характеризується великими ресурсо-

та енергетичними витратами.

На рис. 2.4 наведено показники матеріало- та енергоємності комплексної переробки на спирт гідролізатів деревини та меляси.

Енергоємність усього комплексу продукції при виробництві 1 млн. дал гідролізного спирту в 7,9 раза більша, ніж при виробництві спирту з меляси, у тому числі власне спирту – в 8,3 раза.

Матеріалоємність за іншими ресурсами вища в 3,5 раза, а споживання технологічної води відповідно у 4 рази.

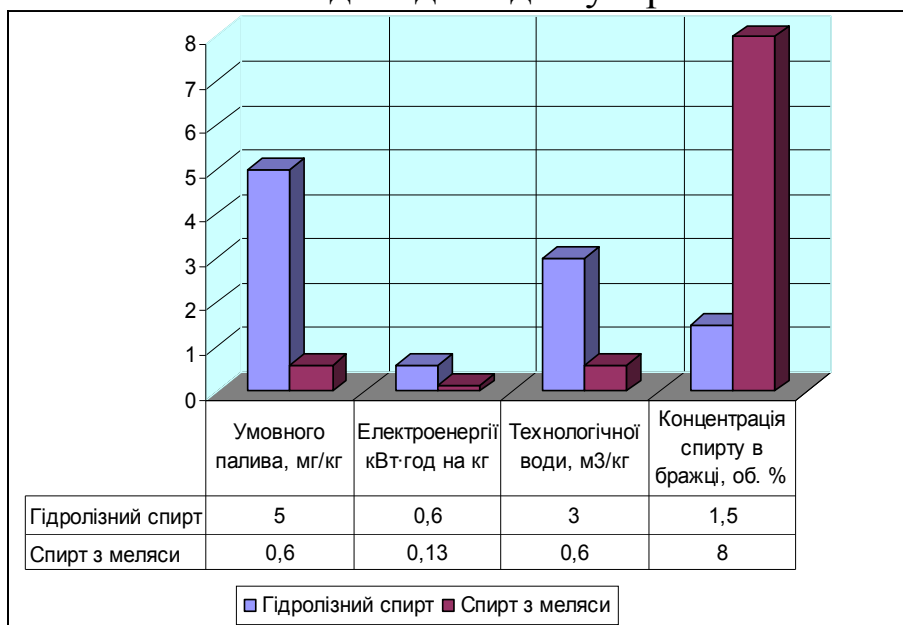


Рис. 2.4. Показники матеріало- та енергоємності гідролізного та м'ясного спиртів

Складність технологічного обладнання сульфітно-гідролізного виробництва унеможливорює використання безперервно діючих процесів на більшості виробничих ділянок. Тому за обмеженої потужності завод з виробництва гідролізного спирту є досить масштабним підприємством, яке насичене великогабаритним хімічним обладнанням.

Максимальну кількість гідролізного спирту (18 млн. дал) у колишньому СРСР було вироблено в 1970 році. У 1975 році – близько 10 млн. дал. Тенденція до зменшення виробництва гідролізного спирту в країнах СНД зберігається. В Україні виробництво гідролізного спирту не було організовано.

Етанол технічний можна отримати шляхом органічного синтезу з ненасиченого вуглеводню нафти – етилену.

Безпосереднє гідратування етилену в етиловий спирт відбувається в присутності каталізатора, за надлишкового тиску та підвищеної

температури .

Для гідрування може бути використана водяна пара або вода. Найбільш поширеним є парофазний процес, під час якого суміш етилену і водяної пари пропускається крізь твердий каталізатор, а спирт, що утворюється при цьому, вилучається з контактних газів шляхом конденсації:



У разі парофазного процесу значна кількість теплоти витрачається на випаровування води та перегрів водяних парів.

Для зменшення енергоємності процесу запропоновано другий варіант гідрування етилену водою в рідинному стані:



Як каталізатор цього процесу використовують відновлені окиси вольфраму, що нанесені на силікагель. Масова частка вольфраму в каталізаторі становить близько 20%. Процес відбувається за температури 250-300°C та тиску 30 МПа (1 Мега Паскаль – (одиниця тиску) дорівнює 10 атмосфер). Етилен і вода надходить у верхню частину реактора, з нижньої частини якого відбирається розчин спирту об'ємною часткою 20 відсотків.

Третій варіант процесу прямого гідрування етилену базується на пропусканні його суміші з водяною парою крізь розбавлену сірчану кислоту при 300°C та тиску понад 10 МПа. Завдяки високому тиску етиловий спирт отримують у рідинному стані. З реактора безперервно відводять частину кислого розчину, з якого відганяють спирт, а кислоту повертають у виробничий цикл.

При парофазному процесі ступінь конверсії етилену під час гідратації за один прохід крізь каталізатор, а також швидкість цього процесу залежить від активності каталізатора, температури й тиску в реакторі, об'ємної швидкості газів, молярного співвідношення водяної пари та етилену в суміші. Ступінь конверсії етилену за один прохід крізь реактор не перевищує 4-5 відсотків. Підвищення ступеня використання етилену до 95% досягається шляхом багаторазової рециркуляції етилену, що не прореагував.

Другий спосіб отримання етилового спирту гідруванням етилену, на відміну від прямого гідрування, передбачає проміжне утворення

етил сульфатів. При цьому способі можливо використовувати гази з невеликою масовою часткою етилену – 30-40 відсотків. Це дозволяє значно спростити схему попереднього розділення вуглеводнів природного газу. Так, під час розділення продуктів гідролізу етан-пропанової фракції етилен можна не відокремлювати від етану, а спрямовувати на гідроліз суміші цих газів.

За цим способом може бути використана база попереднього концентрування, етиленова фракція коксового газу і таке інше.

Незважаючи на видиму простоту, виробництво синтетичного етилового спирту є дуже складним хімічним процесом, він передбачає велику кількість складного технологічного обладнання, яке працює при високих тисках і температурах. Для цього виробництва необхідна органічна сировина. Тому в індустріально розвинених країнах значна кількість етилового спирту на технічні потреби виробляється з вуглеводовмісної сільськогосподарської сировини: зерна, меляси, дифузійного соку цукрових заводів. Використання низькоякісної, дефектної, а в деяких випадках спеціально культивованої сільськогосподарської сировини для виробництва етанолу сприяє більш стабільному розвитку сільського господарства. Це стосується, насамперед, країн, які мають надлишки сільськогосподарської сировини або потребують стимуляції її виробництва.

#### **2.4. Виробництво спирту етилового технічного з вуглеводовмісної сировини**

Найбільш розповсюдженою сировиною для виробництва етанолу є крохмаль і цукровмісна сировина. Крохмалевмісна зернова сировина використовується для виробництва технічного спирту, головним чином, у країнах з розвиненим сільським господарством, перш за все – Канаді, США, Бразилії та інших.

Сировиною для виробництва технічного етанолу є зерно кукурудзи, пшениці, ячменю. Лідерами з виробництва етанолу із зерна в США є фірма DARZY Corp., у Канаді – Commercial Alcohols Inc. Середня потужність заводів – 40 тис. дал спирту за добу. На рис. 2.5 наведено принципову технологічну схему виробництва технічного спирту із зернової сировини.

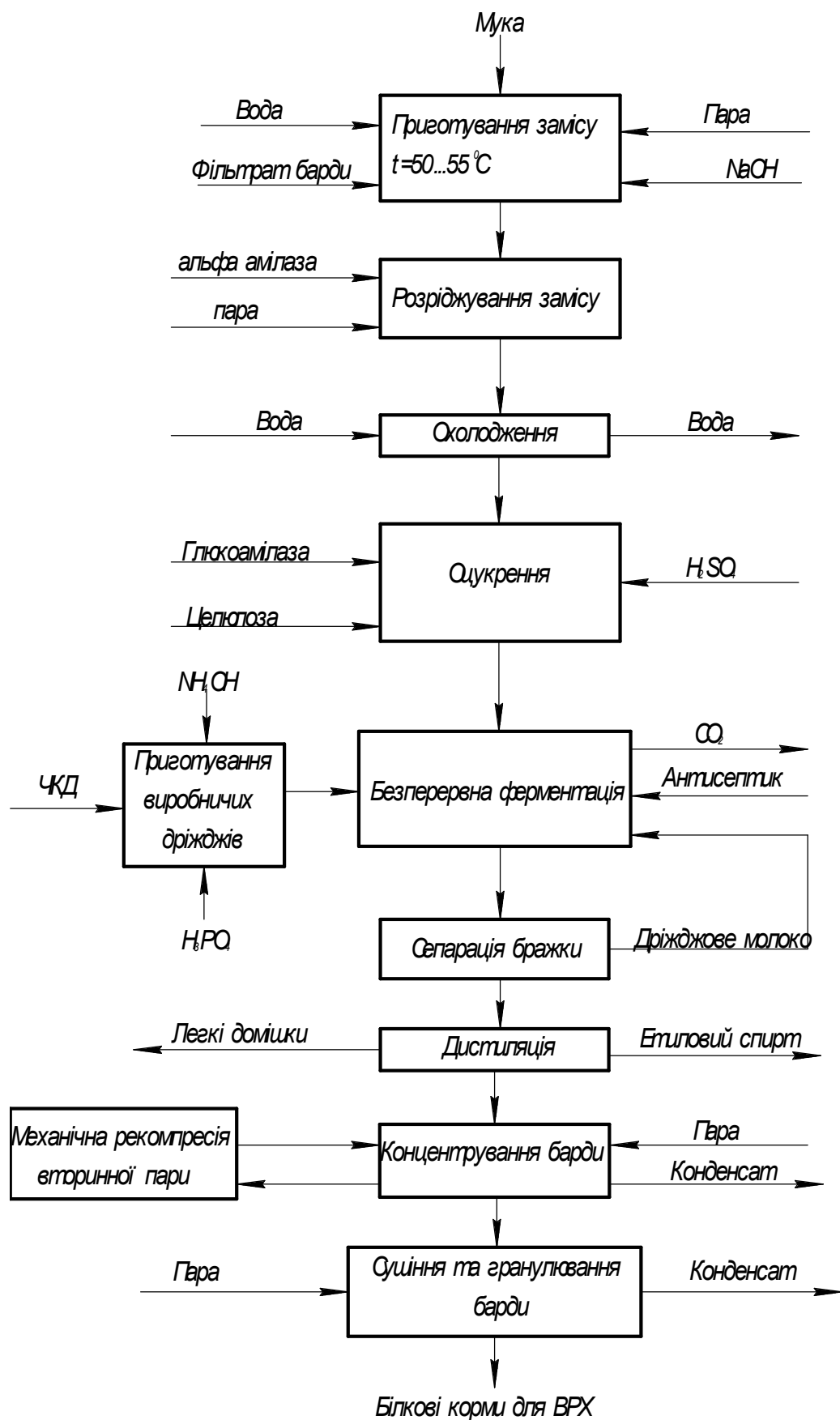


Рис. 2.5. Принципова технологічна схема виробництва технічного спирту із зернової сировини

Особливістю цієї технології є низькотемпературне розварювання, постадійне оцукрення поліцукридами до моноцукрів, використання концентрованих ферментних сиропів, безперервне бродіння з рециркуляцією відсепарованих дріжджів і повна утилізація післяспиртової барди.

У країнах Європейського Союзу одним із найбільших виробників етилового спирту є Франція. На спиртових заводах Франції у 1994-1995 рр. було вироблено 713 млн. дал етанолу на різній основі, у тому числі (в млн. дал): синтетичного – 157,4; на базі винограду, плодів та ягід – 145,0 із зерна – 13,2; з цукровмісної сировини – 398,9. На технічні потреби, не враховуючи синтетичний спирт, було використано майже 400,0 млн. дал.

Цукрові буряки у нашій країні є сировиною для виробництва цукру – продукту, вкрай необхідного для підтримки життєдіяльності людського організму. Значення цукрових буряків не обмежується лише виробництвом з них цукру. З продуктів їхньої переробки одержують багато інших продуктів: із меляси – спирт, гліцерин, лимонну кислоту для хімічної, парфумерної і харчової промисловості, дріжджі для хлібопекарської промисловості, із жому – пектиновий клей, що використовується у текстильному виробництві.

Досить цінними є польові відходи цукрових буряків, передусім гичка.

Як цукровмісну сировину використовують дифузійний сік, клерк-цукрового виробництва, мелясу. Середня потужність спиртових заводів 15000 дал спирту за добу.

На рис 2.6 наведено принципову технологічну схему виробництва етанолу з меляси і клерсу на цукроспиртовому підприємстві Bazancourt de Bethenville (Франція). Це підприємство поряд із звичайним ректифікованим спиртом виробляє дегідратований (99,8%) спирт-ректифікат або сирець. Для дегідрування використовується азеотропна ректифікація з циклогексаном, а також сучасна технологія зневоднення на молекулярних ситах. Спиртова барда з масовою часткою  $K_2O$  близько 6% використовується для поливу ланів під цукрові буряки або у вигляді сиропу для відгодівлі великої рогатої худоби.

Барда концентрується в декілька стадій. Спочатку у відділенні попереднього концентрування з 4 до 10%, потім у відділенні остаточного концентрування у три етапи: 10-27%; 27-37%; 37-70% сухих речовин.

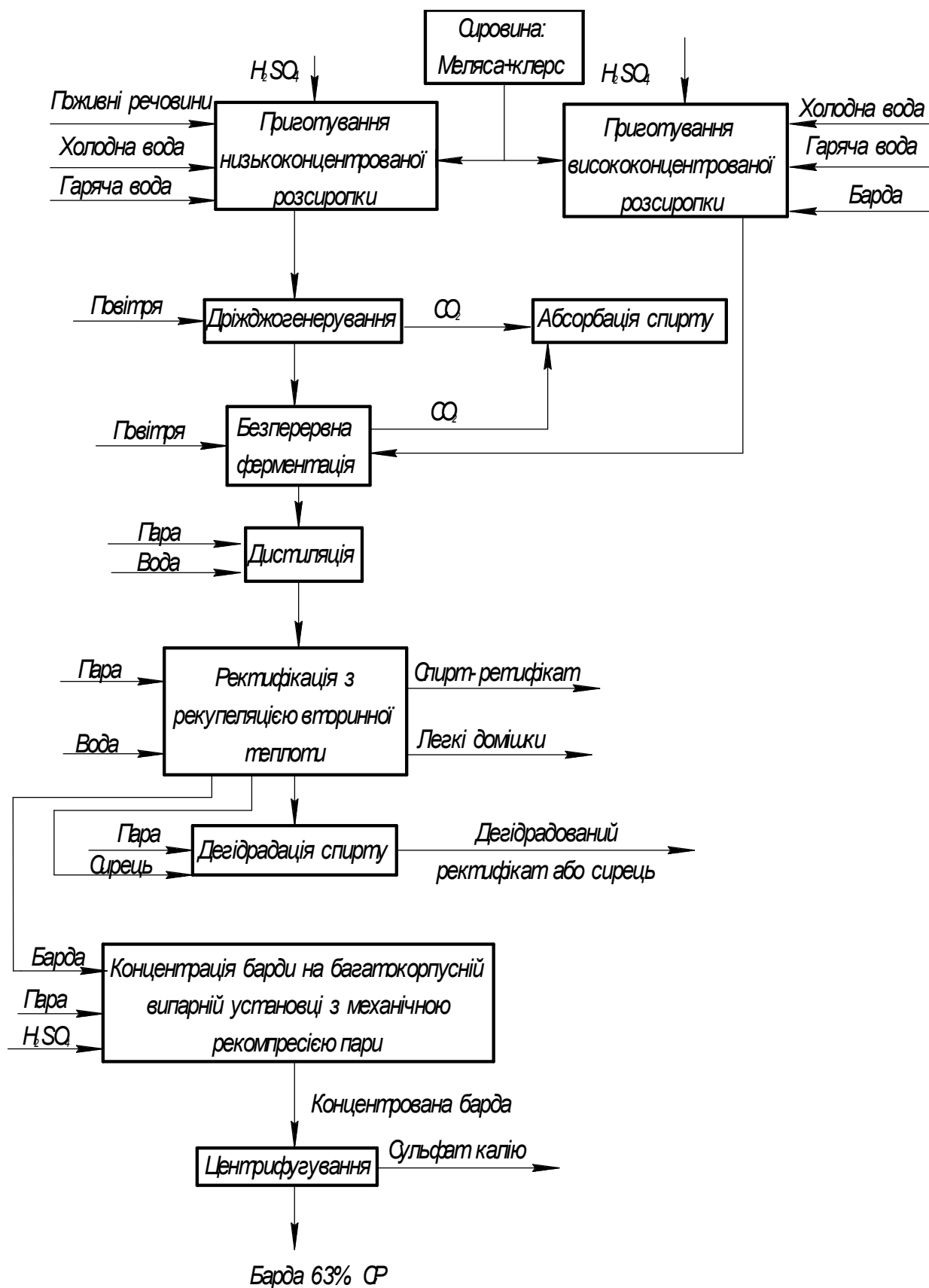


Рис. 2.6. Принципова технологічна схема виробництва етанолу з м'яси і клерсу

Під час концентрування у присутності сірчаної кислоти з барди

вилучається сульфат калію. Кристали сульфату калію вилучають на центрифугах. Поряд з дегідратованим технічним спиртом виробляється спирт технічний денатурований.

Етиловий спирт, на відміну від метилового, утворює з водою азеотроп. В азеотропному стані концентрація спирту в парі та рідині, з якої утворюється ця пара, збігаються. Для етилового спирту й води це відповідає масовій частці спирту 95,57%. Окремі галузі господарства використовують дегідратований або абсолютований етиловий спирт.

## **2.5. Техніко-технологічні особливості виробництва біоетанолу з вуглеводовмісної сировини та енергетична оцінка його виробництва**

Етанол виробляється методом зброджування цукрів у безкисневому середовищі спиртовими дріжджами.

Раніше майже весь етиловий спирт, виготовлений таким шляхом, використовувався для виробництва алкогольних напоїв, і лише невеликі обсяги, отримані хімічними методами, застосовувалися у промисловості. За останні 25 років ситуація докорінно змінилася. Нині більше половини виробленого у світі етанолу використовується як добавка до пального для двигунів внутрішнього згоряння і лише 15% – для виготовлення алкогольних напоїв. Етанол із біомаси, що застосовується як паливо, називають паливним етанолом, або біоетанолом (європейський термін). По суті, він є абсолютизованим етиловим спиртом. Світове виробництво етанолу у 1998 р. становило близько 32 млрд. л, з них 4 млрд. л – харчового етанолу, 8 млрд. л – для хімічної промисловості, 20 млрд. л – паливного. Лише 7% загальної кількості етанолу було отримано методом хімічного синтезу, а 93% – дріжджовою ферментацією цукру і зерна. Обсяги виробництва харчового спирту залишаються незмінними від 1975 р., тоді як паливного етанолу – зросли від 2 до 20 млрд. л у 1998 р. і до 51 млн. м<sup>3</sup> у 2006 р.

Україна має обнадійливий прогноз щодо формування ринку біоетанолу. Сировиною для паливного етанолу може бути меляса (цукрові буряки), зернові культури, картопля, фрукти, спеціальні технічні культури.

Для збереження природних ресурсів та поліпшення екології наукою пропонується замкнутий цикл споживання і відтворення енергії. Зазначеній вимозі відповідає використання палива на основі



біоетанолу, який захопив значну частину світового ринку енергоносіїв і щороку набуває дедалі більшої значущості. Шляхом спалювання біопалива відбувається природний обмін речовин – вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ) знову поглинається рослинами.

Органічні сполуки кисню – спирти та ефіри – одні з визнаних компонентів так званого чистого палива. Спирти додають до бензину безпосередньо або у переробленому в етил-трет-бутиловий ефір (ЕТБЕ) вигляді, чим підвищують ефективність згоряння, знижуючи концентрацію  $\text{CO}_2$  у вихлопних газах. Спиртам властиве більш високе октанове число, ніж вуглеводневим компонентам, що дає змогу зменшити або зовсім відмовитись від таких токсичних складників палива, як оксиди свинцю та ароматичні вуглеводні.

Цей напрям виробництва рідкого біопалива інтенсивно розвивається в багатьох країнах.

Біоетанол є етиловим спиртом (хімічна формула  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ), що утворюється під впливом ферментів у біополімерах. Біополімери – це загальна назва макромолекулярних сполук, що існують у живій природі (білки та полісахариди). Ферменти є природними речовинами, що виконують роль каталізаторів (біокаталізаторів) і виробляються дріжджами. Синтетичний етиловий спирт можна отримувати також за допомогою каталітичної гідратації етилену.

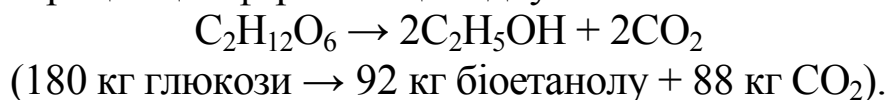
Під час виробництва біоетанолу, як зазначалося вище, використовуються такі компоненти біомаси, як вуглеводи та лігнін. Вуглеводи є формою простих цукрів і полімерів цукрів. Прості цукри, що містяться у біомасі, – це звичайно сахароза і глюкоза, а полімери цукрів – крохмаль, целюлоза і геміцелюлоза. Процесам спиртової ферментації піддаються тільки прості цукри шляхом гідролізу. Гідроліз полягає в розкладанні полімерів цукрів у воді або водних розчинах, як правило, з додаванням кислот.

Невелика ефективність перетворення целюлози та геміцелюлози на цукри пояснюється будовою стінок клітин, в яких лігнін “покриває” ці компоненти й ускладнює доступ ферментів до кристалічної структури целюлози. Ліціни – це макромолекулярні речовини складної структури, що становлять 20-25% маси клітинних стінок рослин, особливо таких матеріалів, як дерево, солома чи міскант. Теоретично на основі гідролізу лігніно-целюлозної біомаси зі 100 кг деревини можна одержати 50 кг глюкози і 25 кг ( $35 \text{ дм}^3$ ) етанолу, але в дійсності одержують до 75% цієї кількості.

Найбільш розповсюдженим методом виробництва біоетанолу є

метод гідролізу полісахаридів до простих цукрів (мальтози – з крохмалю зернових і картоплі, сахарози – з меляси і буряків, а також целюлози з деревини). У меншому масштабі застосовують процеси гідролізу целюлози з геміцелюлози, а також ензиматичний гідроліз целюлози з використанням лігніну як твердого палива для виробництва тепла під час процесу.

Процес спиртової ферментації полягає у перетворенні простих цукрів (глюкоза, фруктоза) під впливом ферментів в етанол і  $\text{CO}_2$ . Теоретично процес цієї ферментації відбувається таким чином:



У загальному вигляді технологія одержання біоetanолу складається з двох основних етапів, а саме: виробництва спирту-сирцю та зневоднення етанолу.

Технологія виробництва спирту-сирцю передбачає відокремлення етанолу від домішок методом дистиляції. Отриманий таким чином спирт містить у собі близько 4% об'єму води. Склад цієї суміші змінюється залежно від тиску. Проте методом простої ректифікації неможливо отримати зневоднений етиловий спирт, а саме такий потрібен як домішка до палива. Теоретично зневоднений спирт можна одержувати з використанням БРУ, що працюють під вакуумом, але їх конструювання, а також виробництво дороге коштують. Для зневоднення спирту можна застосовувати вапно, гіпс та інші сполуки, що приєднують воду, проте великі втрати етанолу під час регенерації зневоднюючих засобів унеможливають застосування цих методів на практиці. Розроблено способи отримання зневодненого спирту за допомогою молекулярних сит, напівпроникних плівок та інші методи. Спирт етиловий технічний як основа біоetanолу може виготовлятися з нехарчової сировини або вуглеводовмісної різними галузями: гідролізною, нафтохімічною, харчовою.

Складність технологічного обладнання сульфітно-гідролізного виробництва не дозволяє на більшості виробничих дільниць використовувати безперервно діючі процеси. Тому за обмеженої потужності завод з виробництва гідролізного спирту є досить масштабним підприємством, яке насичене великогабаритним хімічним обладнанням.

Біоetanол технічний можна отримати шляхом органічного синтезу з ненасиченого вуглеводню нафти – етилену.

Найбільш розповсюдженою сировиною для виробництва етанолу є крохмаль і цукровмісна сировина.

Технологічний процес виробництва біопалива з кукурудзи

умовно можна розділити на два етапи. На першому етапі технологічного процесу зерно кукурудзи очищають від домішок, подрібнюють та помел змішують із водою для приготування замісу. Використовується також фільтрат барди у кількості 30% від об'єму води, що витрачається на цій стадії. Це скорочує об'єм стоків, знижує витрати води і сприяє інтенсифікації процесів приготування дріжджів та зброджування сусла.

Замість піддають гідроферментативній обробці з використанням ферментних препаратів. Вони містять термостабільну амілазу, що дає змогу здійснювати процес розварювання крохмалю при  $t$  не вищій за  $90^{\circ}\text{C}$ . Така технологія забезпечує зниження тепловитрат на цій стадії на 30-35%. Розроблено також оригінальну технологію ферментації негідролізованого крохмалю змішаною культурою мікроорганізмів. Тут процес оцукрювання та зброджування крохмалю у спирт відбувається одночасно, що дає можливість зменшити витрату комерційних ферментних препаратів на 90% і, відповідно, знизити собівартість біоетанолу.

Для зброджування сусла застосовується новий штам дріжджів, що має підвищену спиртоутворюючу здатність та осмофільні властивості. Штам дає змогу накопичувати до 15% об. етилового спирту за нормативного виходу цільового продукту на одиницю сировини.

Процес зброджування сусла безперервний або періодичний з частковим вакуумуванням, що забезпечує підвищення умовної міцності бражки до 18-20% об., зниження об'єму післяспиртової барди на 40% та сприяє збільшенню концентрації сухих речовин у післяспиртовій барді.

Застосування нових ефективних біоцидів запобігає інфікуванню сусла та бражки сторонньою мікрофлорою і поліпшує економічність використання вуглеводнів.

Гарантований показник дозрілої бражки – вміст у ній спирту до 12-13% об.

На другому етапі технологічного процесу здійснюється перегонка бражки, концентрування і зневоднення біоетанолу.

Бражку підігрівають, дегазують і переганяють, отримуючи бражний дистилят з концентрацією спирту не менше 92% об.

Для отримання бражного дистиляту використовують бражну колону з концентраційною частиною і відповідним теплообмінним та допоміжним устаткуванням.

Для зневоднення вихідного спирту й отримання паливного

біоетанолу здійснюють адсорбційну установку з молекулярними ситами, що працює за принципом перемінного тиску. Зневоднення біоетанолу проводять на молекулярних ситах без стадії попередньої конденсації, що дає можливість спростити апаратурну схему та знизити витрати енергоресурсів на стадії зневоднення. Запропонована технологія дає змогу одержати біоетанол з об'ємною часткою води не більше 0,2% і октановим числом не меншим за 108 за ASTM D 2699 (стандарт США).

Енергетичний вихід від виробництва 1 т біоетанолу з кукурудзи значною мірою залежить від середньої урожайності цієї культури з 1 га земельної площі.

Наявність в Україні значних сировинних ресурсів для виробництва біопалив і найбільшої серед інших держав Європи кількості родючої землі та наукових розробок, потужностей для виробництва біопалив, а також залежність України від імпорту енергетичних ресурсів – усе це дає підстави стверджувати, що виробництво біопалив з відновлюваної сировини в Україні має бути одним із стратегічних напрямів державної політики.

Виробництво біоетанолу складається з послідовного виконання процесів підготовки сировини, ферментації з дистиляцією, ректифікації та дегідратації етанолу.

Під час виробництва біоетанолу з м'яси здійснюється зброджування м'ясного сусла. М'ясу готують до зброджування шляхом підкислення соляною кислотою, збагачення джерелами азотистого і фосфорного живлення, внесення антисептика, що забезпечує повний бактерицидний ефект при збереженні активності протягом тривалого часу навіть за високих температур.

Зброджування здійснюється за технологією, що поєднує в собі найбільш прогресивні способи культивування дріжджів і анаеробного бродіння сусла із застосуванням штама дріжджів, який має підвищену спиртоутворювальну здатність та осмофільні властивості.

Гарантовані показники зрілої бражки: вміст етилового спирту – 10,5-11,0% об.; незброджені вуглеводні – 0,25-0,35 г/100 мл.

Для зневоднення біоетанолу бражку підігрівають, дегазують і переганяють з отриманням концентрованої водно-спиртової пари з об'ємною часткою біоетанолу не менше 93% об. Концентровану водно-спиртову пару зневоднюють на установці з молекулярними ситами, отримуючи біоетанол з концентрацією води не більше 0,2% об.

Для одержання концентрованої водно-спиртової пари використовують дистиляційну колону з концентраційною частиною і відповідним

теплообмінним та допоміжним устаткуванням.

Для зневоднення концентрованої водно-спиртової пари й отримання біоетанолу застосовують адсорбційну установку з молекулярними ситами, що працює за принципом перемінного тиску. Зневоднення біоетанолу здійснюють на молекулярних ситах без стадії попередньої конденсації, що дає можливість спростити апаратурну схему та знизити витрати енергоресурсів на стадії зневоднення.

У таблиці 2.3 наведено енергетичний баланс виробництва біоетанолу з кукурудзи та меляси.

Таблиця 2.3

### Енергетичний баланс на виробництво біоетанолу

Назва показника	Тип біосировини	
	Кукурудза	Меляса
Витрати антропогенної енергії при виробництві сировини для біоетанолу за типовими технологіями	50,591 МДж/га = 15,566 МДж/т (за урожайності кукурудзи 32,5 ц/га)	4,5 МДж/т
Витрати енергії за сировиною на 1т біоетанолу	15,566 x 2,9 = 45,141 МДж/т біоетанолу	4,5 x 4,22 = 19,00 МДж/т біоетанолу
Витрати енергії на виробництво біоетанолу	11424 МДж/т	9440 МДж/т
Всього енергії на виробництво 1 т біоетанолу	11469 МДж/т	9459 МДж/т
Кількість енергії, отриманої при використанні 1 т біоетанолу	25000 МДж/т	25000 МДж/т
Енергетичний вихід від виробництва 1 т біоетанолу	13531 МДж/т	15541 МДж/т
Енергетична ефективність виробництва 1т біоетанолу	+ 54,12%	+ 62, 16%
Собівартість біоетанолу	4685 грн/т = 0,5 Є/л	3215 грн/т = 0,35 Є/л

Водночас, за останніми даними Мінсільгоспу США (USDA), енергетична ефективність виробництва біоетанолу у 1995 р. тут становила 24%, а в 2002 р. – 34%. Таке зростання економічної ефективності виробництва біоетанолу пов'язано передусім з підвищенням середньої урожайності кукурудзи з 1 га.

При підготовці зерна для переробки у біоетанол його спочатку розмелюють сухим чи мокрим способом. Після сухого помелу, котрий часто застосовують для пшеничного та ячмінного зерна, подрібнена маса піддається гідролізу і ферментації. Після мокрого помелу отриману масу розділяють на фракції: крохмальну, клієковинну і волок-

нисту. Своєю чергою, крохмальна фракція розділяється на дві частини, з яких менша призначається для гідролізу і ферментації, а більша – для продуктів харчування.

При мокрому помолі зерна кукурудзи відокремлюють зародки і пресують з них олію високої поживної цінності. За сухого помелу зі 100 кг зерна злаків одержують приблизно 33 дм<sup>3</sup> біоетанолу і 27 кг кормів. Застосування мокрого помелу дає можливість одержати зі 100 кг зерна злаків 36-38 дм<sup>3</sup> етанолу, 20 кг кормів, 4 кг клейковини і 2 кг олії із зародків кукурудзи. Збільшення кількості етанолу, одержаного завдяки мокрому помелу, пояснюється кращим використанням целюлози, що становить близько 9,5% сухої маси зерна злаків. Ферментація триває звичайно 48-72 год. Зернову масу, що відбродила, так звану зрілу бражку, спрямовують у перегінний апарат. Тут відганяється з неї неочищений спирт на основі використання різниці температур кипіння спирту (78,3°C) і води. Неочищений спирт містить лише 88-94% алкоголю за об'ємом, а залишок становлять близько 40 побічних продуктів ферментації.

Наступною фазою є відокремлення спирту від залишку методом ректифікації і повторної дистиляції. Звичайними методами ректифікації зі спирту-сирцю неможливо цілком видалити воду, оскільки етиловий спирт (95,57% маси) і вода (4,43% маси) утворюють суміш, склад якої при подальшій дистиляції не зазнає змін. Характерною властивістю цієї суміші є її здатність до зміни складу під дією підвищеного тиску, який розшаровує воду та етанол.

Серед безлічі різних методів дегідратації спирту найбільш розповсюдженим став метод дистиляції з додаванням азеотропних елементів (бензолу, циклогексану). Ця суміш утворює разом з водою і спиртом трикомпонентний розчин, який кипить за нижчої температури, що дає можливість відділяти безводний етанол.

Для дегідратації спирту застосовують установки, які складаються зі зневоднюючої колони, що відділяє азеотропи, і комплексу дефлегматорів, конденсаторів та охолоджувачів. Операція зневоднювання – процес енергомісткий та високовартісний. Сьогодні її заміщують сучасними методами мембранної сепарації.

**Виробництво біобутанолу.** У світовій практиці виробництво біобутанолу розпочато в останньому десятиріччі XX ст. і має здебільшого експериментальний характер. До цієї новації підключилися відомі компанії світового значення DuPont (E.I. du

Pont de Nemours and Company) та BP plc (British Petroleum plc).

Над розробкою біобутанолу з характеристиками, що здатні сприяти подоланню обмежень його наявних видів, ці компанії розпочали працювати разом з 2003 р.

BP plc – це одна з провідних світових енергетичних компаній. Вона забезпечує своїх клієнтів паливом для транспорту, енергією для світла й тепла, що пропонує роздрібні послуги та нафтохімічні продукти для щоденного використання. BP plc є найбільшим виробником нафти й газу в США, а також однією з найбільших компаній, що здійснює переробку нафтопродуктів. Їй належить світова мережа з 25 тис. бензозаправних станцій.

Компанію DuPont засновано у США в 1802 р. Це одна з найбільших у світі наукових та індустріальних транснаціональних корпорацій. Відділення DuPont працюють у більше ніж 70 країнах світу.

Нове партнерство обох зазначених компаній дало змогу спрямувати їхні спільні зусилля на розробку поновлюваного транспортного палива, спираючись на ресурси біотехнології та біовиробництва компанії DuPont, з одного боку, та досвід компанії BP plc у сфері паливних технологій, її активні позиції на основних ринках палива, з іншого.

Термін “біопаливо”, як наводилось вище, охоплює всі види транспортного або рідкого палива, його виробляють з біомаси – органічного рослинного матеріалу, що зберігає сонячну енергію в хімічній формі. Зазначені компанії на основі ферментування цукру таких культур, як кукурудза, пшениця або цукрові буряки поетапно перетворюють цю збережену хімічну енергію на рідке паливо – виробництво біобутанолу.

Обидві компанії усвідомлюють те, що, хоча сучасні біокомпоненти й зарекомендували себе як відмінний відправний пункт для переходу на біопаливо і в майбутньому відіграватимуть важливу роль у світовій економіці, існує низка проблем, що заважають просуванню їх на ринку. Зокрема, їхня сумісність з існуючими системами подавання й розподілу палива, можливість збільшувати концентрацію біокомпонентів у паливних сумішах без обов’язкової у таких випадках модифікації двигунів, а також економічність витрачання пального – всі ці питання потребують вирішення. І нове покоління біопалива повинно стати відповідями на такі проблеми.

Наразі дослідження вийшли на таку стадію, коли компанії можуть вивести на ринок свою першу продукцію із відновлюваних ресурсів нового покоління, яким є біобутанол.

**Біобутанол** – це спирт (як і етанол), але з такими техніко-економічними характеристиками, що роблять його значно ефективнішим біокомпонентом палива, здатним, до речі, і вдосконалити суміші спирт-бензин. Біобутанол має низький тиск насиченої пари, він стійкіший до впливу домішок води у сумішах бензину, а це дає можливість транспортувати та постачати його засобами наявної нині розподільчої інфраструктури поставки палива. Однією з переваг біобутанолу є й те, що його можна додавати до бензину в більших концентраціях, ніж наявні тепер види біопалива, без проведення обов'язкової модернізації транспортних засобів. Крім того, він забезпечує економніше витрачання палива, ніж бензиновоетанолові суміші, підвищуючи таким чином паливну економічність автомобіля та його пробіг.

Біобутанол відповідає промисловим стандартам, є цілком безпечним для автомобілів. Саме тому його розпочали впроваджувати в Об'єднаному Королівстві як біокомпонент бензину. Біобутанол виробляють на заводі компанії British Sugar. DuPont та BP співпрацюють із British Sugar, дочірнім підприємством Associated British Foodspic, у перепрофілюванні першого в країні заводу з ферментації етанолу на виробництво біобутанолу.

Первісне виробництво біобутанолу ґрунтується на наявній технології, що сприяє максимально швидкому виведенню продукту на ринок. І перший завод DuPont-BP з виробництва біобутанолу використовує цукрові буряки як початкову сировину.

На другому етапі буде задіяно новий біотехнологічний процес, розробка якого вже провадиться, що забезпечить досконалішу технологію переробки сировини. Виробництво зможе працювати на широкому асортименті сировини – на цукровій тростині або цукрових буряках, кукурудзі, пшениці або маніюці, а в майбутньому – на целюлозній сировині зі швидкорослих “енергетичних культур”, таких як злакові трави. Або з побічних сільськогосподарських продуктів, як, наприклад, солома чи стебла кукурудзи. Оскільки виробництва біобутанолу та етанолу схожі між собою та використовують однакову вихідну сировину, наявні технічні потужності для випуску етанолу можуть бути переобладнані на роботу з біобутанолом.

Для запобігання нецільового використання спирту етилового



технічного передбачена його денатурація різними органічними домішками. Розрізняють загальну та спеціальну денатурацію.

Денатуруючі добавки та їх композиції повинні: надавати спирту неприємного відштовхуючого смаку; бути дешевими і не підвищувати вартість спирту; ефективно діяти у незначних дозах і легко відчуватися у денатурованому спирті та його розчинах; легко визначатися у фальсифікованих напоях; бути такими, щоб вилучення їх із спирту або інактивація були економічно недоцільними; не повинні погіршувати технологічні властивості спирту і негативно впливати на його подальше використання.

Дуже важко підібрати денатурат, який повністю відповідав би всім цим вимогам, однак при створенні денатуруючих композицій необхідно максимально враховувати наведені вимоги.

Як денатуруючу речовину загальної денатурації застосовують піридинові основи, гас, кетонове масло, скипидар, відходи скипидарного виробництва і так званий розчинник “Розчинник М” – суміш кетонів з деякими вищими спиртами (метилетилкетон, метилпропілкетон, пропіловий спирт, ізопропіловий спирт та іншими).

Денатурат забарвлюють різними барвниками, що надають йому потрібного забарвлення, щоб відрізнити його від питного спирту (наприклад, основний фіолетовий К згідно з ГОСТ 22698-77). Нижче наведено деякі рецептури денатурату загального призначення:

1. На 100 дал безводного спирту в денатураті: гасу – 0,5 дал, кетонowego масла або головних погонів скипидару – 0,5 дал, розчину фарби (0,4 г в 1 л 82%-го спирту) – 0,1 дал. Замість кетонowego масла можна взяти 0,25 дал піридинових основ.

2. На 100 дал безводного спирту в денатураті: розчинника М - 1,0 дал; розчинника фарби – 0,1 дал.

3. На 100 дал безводного спирту в денатураті: розчинника М - 0,25 дал, погонів скипидару – 0,25 дал, розчину фарби 0,1 дал.

Денатурований спирт загальної денатурації повинен відповідати таким вимогам:

- концентрація спирту – 82 % об. за скляним спиртоміром класу 0,1 (відхилення від міцності допускається  $\pm 0,2\%$ );
- мати стійкий неприємний запах, який не зникає при розведенні денатурованого спирту водою до міцності 40%;
- забарвлення денатурованого спирту має бути синім або синім з фіолетовим відтінком, залежно від кольору доданих

денатуруючих речовин;

- реакція денатурованого спирту – нейтральна або слабо кисла: денатурований спирт не повинен містити денатуруючих речовин, не дозволених до вживання МОЗ;
- горіння денатурованого спирту має бути рівним, спокійним і без розбризкування, після спалювання проби денатурованого спирту допускається наявність невеликого (кілька крапель) залишку забарвленої води;
- виділення кіптяви, задушливої пари і газів під час горіння денатурованого спирту не допускається.

Для технічних потреб денатурацію етилового спирту здійснюють спеціальними денатуруючими речовинами, які не заважають технологічному процесу, в якому використовують технічний спирт. Основними денатуруючими речовинами у країнах Євросоюзу та СНД є: петролейний ефір, толуол, діетиловий ефір, кротоновий альдегід, пропіленліголь, етиленгліколь та інші. У разі, коли барвник погіршує технологічні властивості спирту і негативно впливає на його подальше використання, барвник у денатурований спирт спеціальної денатурації не додається. Денатуруючі речовини спеціальної денатурації додаються до технічного спирту у кількості від 0,08 до 15%.

У таблиці 2.4 наведено характеристику спирту етилового денатурованого за ТУ У 18.511-99.

Таблиця 2.4

**Характеристика спирту етилового денатурованого  
за ТУ У 18.511-99**

№ з/п	Найменування показника	Одиниця виміру	Характеристика та норма для марок				
			А	Б	В	Г	Д
1	Зовнішній вигляд		Прозора рідина без сторонніх частин				
2	Колір		Властивий кольору використаного барвника				
3	Запах		Характерний для етилового спирту, стійкий. Не повинен зникати при розведенні спирту водою до міцності 40-50%				
4	Об'ємна частка етилового спирту, не менше	%	95,0	91,0	95,0	98,0	98,0
5	Об'ємна частка метилового спирту, не більше	%	0,05	0,20	2,50	0,03	0,1

6	Об'ємна частка циклогексану, не більше	%	-	-	-	0,5	0,5
---	--	---	---	---	---	-----	-----

## 2.6. Використання спирту етилового технічного як органічної сировини

В індустріально розвинутих країнах етанол у великих кількостях використовується як сировина для хімічної промисловості.

Комітетом ООН з індустріального розвитку зазначено, що якщо виробництву етанолу приділити стільки ж уваги, скільки її було приділено нафтохімії, то його ціна може бути знижена більше ніж удвічі, що забезпечить зниження цін на хімічні продукти, які виробляються на базі етанолу.

На нинішньому етапі найбільш актуальними завданнями для розвитку ринку біосировини в Україні вбачаються: розробка та освоєння сучасних технологій вирощування енергетичних культур, які плануються для промислової переробки на біопаливо, підвищення виробничої культури, забезпечення страхового захисту врожаїв, технічна модернізація агропідприємств, вихід на оптимальну потужність, розробка та впровадження нормативної бази, гармонізованої із законодавством ЄС. Одночасно потрібно здійснювати економічні дослідження та розрахунки щодо подальшого розвитку галузей сільського господарства, які частину виробничого потенціалу трансформуватимуть у розвиток сільськогосподарських культур для переробки їх на біопаливо.

Ціни на хімічні продукти на базі етанолу відповідають цінам на продукти, які отримані з нафти. У низці країн здійснюється політика податкових пільг для виробництва технічного етанолу з крохмалю або цукровмісної сировини. Це підтримує сільськогосподарських виробників, спиртову та хімічну промисловість, яка при цьому меншою мірою залежить від імпорту нафтопродуктів.

Найбільшими споживачами спирту етилового технічного в країнах СНД є підприємства з виробництва етилового, діетилового, оцтово-етилового ефірів, оцтової кислоти, ацетальдегіду, хлороформу, тетраетилсвинцю, синтетичного каучуку, штучних волокон спиртових лаків, парфумів тощо.

Діетиловий ефір використовують під час виробництва бездимного порошу, штучного шовку, шпаклівки. Унаслідок поганої розчинності у воді він застосовується для екстрагування розчинних у воді речовин.

У суміші зі спиртом діетиловий ефір застосовується для

виготовлення колодію. Як розчинник він використовується для екстракції ефірних масел і багатьох інших речовин. У медицині діетиловий ефір використовується як анестезійний засіб.

Оцтово-етиловий естер, або етилацетат, отримують з етилового спирту і оцтової кислоти. Цей естер є дуже цінним розчинником, він широко використовується у парфумерії, у виробництві мила та різноманітних лаків.

Етиллактат, етиловий естер молочної кислоти застосовується для очищення сирогої молочної кислоти, в ситцевибиванні, він також є розчинником нігрозину та індуліну, у лаковому виробництві – розчинником нітроцелюлози.

Ацетальдегід набув широкого застосування під час виробництва синтетичної оцтової кислоти, у виробництві дзеркал – для відновлення азотнокислого срібла.

Продукт полімеризації ацетальдегіду – паральдегід – є медичним препаратом, який застосовується як снодійний засіб.

Крім цього, ацетальдегід застосовують як консервуючий засіб.

Оцтова кислота та її солі використовуються в текстильній, фарбовій, хімічній промисловості, в шкіряному і гумовому виробництвах. Оцтова кислота застосовується для фармацевтичних і харчових цілей. З неї виробляють ацетатний шовк, її використовують як розчинник вибухових речовин і таке інше. Споживання оцтової кислоти збільшується рік у рік.

Хлороформ застосовується в медицині. При вдиханні він викликає анестезію і використовується головним чином для інгаляційного наркозу. У значній кількості його використовують як екстрагент для вилучення екстрактивних речовин з рослинної сировини.

Спиртовані лаки застосовують для оздоблення високоякісних меблів та інших дерев'яних виробів. Основними компонентами спиртованих лаків є смола та етиловий спирт з об'ємною часткою 90-93%. Залежно від об'ємної частки різняться лаки, які містять 65-70% спирту й так звані “політури” з об'ємною часткою 88-90 відсотків.

Етиловий спирт є основною сировиною для парфумерних фабрик. Він входить до всіх видів рідких або аерозольних парфумерних виробів – одеколонів, парфумів, туалетних вод, дезодорантів у кількості до 98% маси продукції.

Застосування спирту у парфумерній промисловості пояснюється його здатністю давати прозорі концентровані розчини ароматичних речовин, а також його освіжаючою і дезинфікуючою властивостями.

Основні хімічні синтези на базі етанолу наведено на рис. 2.7.

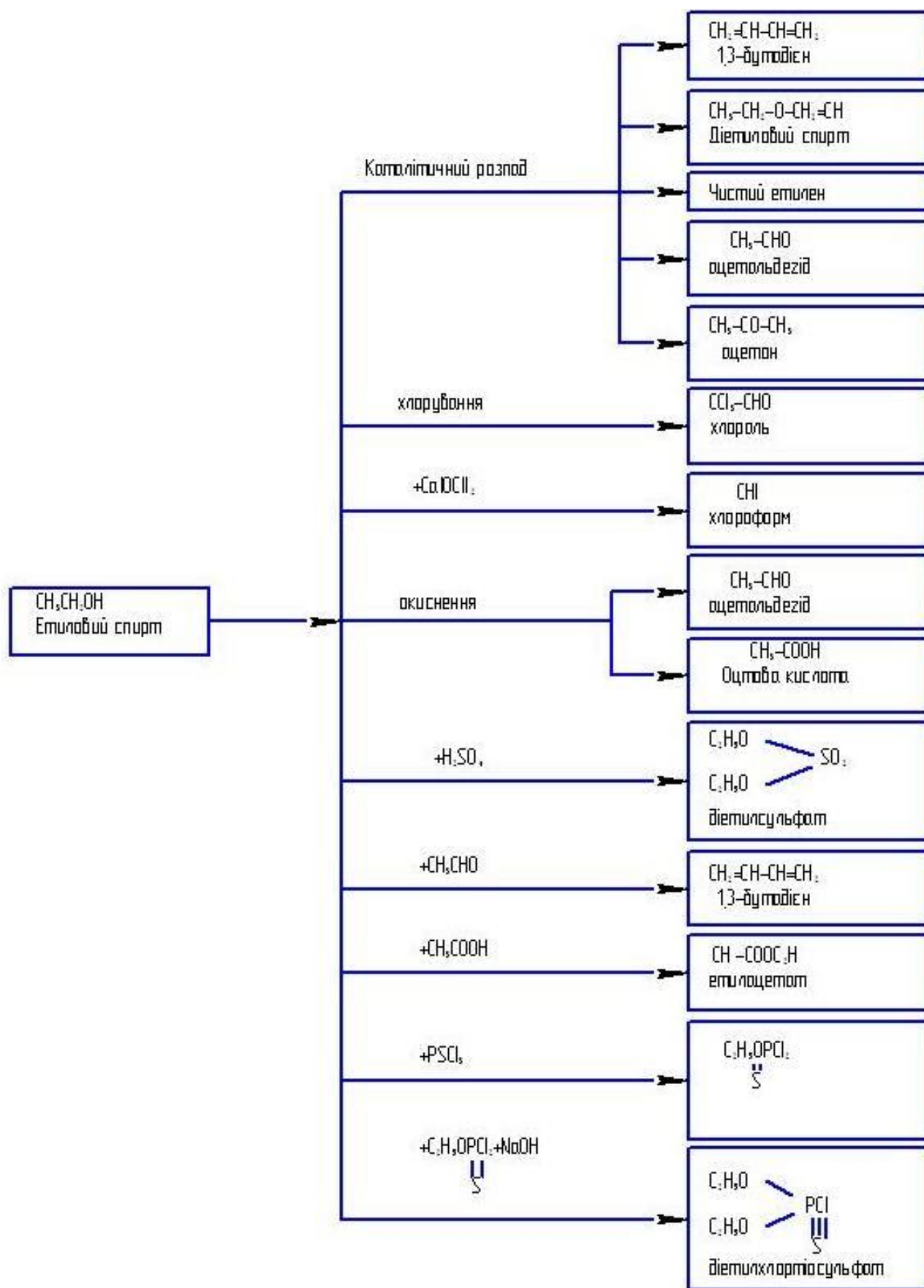


Рис. 2.7. Основні хімічні синтези на базі етанолу

Під час приготування суміші етанол-бензин, що використовується як моторне паливо, етанолу додають від 8% до 55%. Як було зазначено вище, використовується й сам етанол без бензину. Етанол може бути як безводним, так і “водним”, з об’ємною часткою води до 4%. Об’ємна частка етанолу, що додається до бензину, залежить від багатьох чинників. При додаванні до 6-8% етанолу не потрібно переробляти двигуни, які розраховані на використання бензину. Це має вирішальний вплив на вибір кількості етанолу, що додається, а також співвідношення цін на етанол та бензин. Кількість етанолу, що додається до суміші, змінюється залежно від можливостей виробництва етанолу в тій чи іншій країні або навіть в окремих регіонах однієї держави.

Додавання етанолу до бензину збільшує октанове число останнього. Встановлено, що кожні 3% етанолу, який додається, збільшують октанове число бензину на 1-1,5 одиниці.

Дослідження, які були проведені в Бразилії, показали, що використання суміші із 45% низькооктанового бензину і 55% водного етанолу дозволяє заощадити до 25% пального.

Як моторне паливо може використовуватися і розчин етилового спирту, який містить значну кількість води.

При об’ємній частці спирту від 100% до 80% за даним ступенем стискання і даним навантаженням витрата спирту зростає прямо пропорційно вмісту води. Тому краще працювати на спирті вищої концентрації.

Як зазначено вище, в якості компонента етанол-бензинової суміші може бути використано як безводний, так і водний етанол з об’ємною часткою води не більше, ніж 4%. Водний етанол має перевагу внаслідок його меншої вартості. Зневоднення пов’язано із зазначеними витратами енергії. Водночас використання водного етанолу збільшує незручності, які пов’язані з розшаруванням суміші етанол-вода.

У разі використання водного етанолу з масовою часткою 95,5%, температура розшарування знижується при збільшенні концентрації спирту в суміші (табл. 2.5). Для отримання гомогенної суміші необхідно додавати різноманітні стабілізатори. Як стабілізатори застосовують суміші вищих спиртів – бутилового та алілового або ароматичних вуглеводів.

Таблиця 2.5

**Температура розшарування спиртобензинових сумішей**

Масова частка компонентів суміші, %		Температура розшарування суміші, °С		
Етиловий спирт	Авіабензин Б-70	99,5	97,5	95,5
10	90	мінус 65	мінус 15	+13
20	80	мінус 63	мінус 23	+10
30	70	мінус 70	мінус 28	+2

Кавітаційно-кумулятивна дія дозволяє інтенсифікувати багато технологічних процесів, які здійснюються в рідинному середовищі, і насамперед, процеси масообміну, за рахунок утворення при лопанні кавітаційних бульбашок кумулятивних мікроструминок і перетворення останніх на мікрохвилі дуже великої питомої інтенсивності. Це дозволяє отримувати високу однорідність сумішей рідин, які змішуються. Тому в процесах емульгування, гомогенізації, надтонкого перемішування, особливо для рідин, які взаємно не змішуються, використання гідродинамічного кавітаційного впливу відкриває широкі перспективи.

Експлуатаційні властивості автомобільних палив характеризуються рядом фізико-хімічних показників якості, основними з яких є детонаційна стійкість (октанове число), випаровування, стабільність (фізична та хімічна), теплота згоряння, антикорозійні властивості тощо, які забезпечуються самою природою палива, тобто його хімічними складом.

Тому при оптимізації складу паливних композицій поряд з врахуванням вартості компонентів, обсягів їх виробництва, стабільності складу суміші, можливості змішування зі стандартними бензинами, необхідно витримати фізико-хімічні показники якості в межах, що забезпечують ефективну та надійну роботу двигунів.

До фізико-хімічних властивостей, які необхідно витримати при одержанні паливних композицій, відносяться октанове число, теплота згоряння, характеристики випаровування, густина, кулість залишку після випаровування та інші.

У таблиці 2.6 наведено найважливіші показники якості окремих компонентів паливної композиції та стандартного бензину А-76.

Як видно з таблиці, найбільше октанове число мають ароматичні вуглеводні.

Таблиця 2.6

### **Показники якості бензину та паливних компонентів (чистих)**

№ п. п.	Компонент	Густина при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	Температура кипіння, °С	Теплота згоряння, мДж/кг	Октанове число за моторним методом
1	Бензин	730	35-195	44	76
2	Бензол	879	80-81	42,28	108
3	Толуол	876	110-111	42,53	103
4	Етанол	795	78,3	27,72	94

Але при додаванні до бензину різних компонентів найкраще підвищує октанове число етиловий спирт, що видно з таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

### **Залежність октанового числа бензину при додаванні окремих компонентів паливної композиції**

№ з.п.	Компонент	Октанове число бензинів за моторним методом при введенні компонентів у кількості, % об.					
		Вихідний бензин	10	20	30	40	50
1	Бензол	70	71,5	73	76	78	82
2	Толуол	70	72	74,5	77	79	82
3	Етанол (абсолютний)	70	76	80	84	86	87

Вартість етанолу залежить від багатьох чинників.

У Бразилії завдяки надлишку сировини, дешевої робочої сили, наявності добре відпрацьованої технології та високої ціни нафти, що імпортується, етанол у 60-х роках був на 40% дешевше найбільш низькоякісного бензину. Це й визначило тенденцію до заміни бензину етанолом.

В європейських країнах, як правило, етанол, що виробляється навіть з побічних продуктів харчової промисловості або відходів сільськогосподарської сировини, є дорожчим за бензин. Але, незважаючи на це, застосування етанолу у суміші з бензином часто-густо є економічно доцільним.

Кожний декалітр етанолу дозволяє заощадити більше 2,5 декалітрів сирої нафти, а кожний декалітр етанолу, що додається до низькооктанового бензину, заощаджує 1,6 декалітрів бензину.

Через те, що для газохолу (суміш етанолу з бензином) використовується низькоякісний бензин, вихід якого із сирої нафти є більшим, ніж високоякісного, застосування газохолу сприяє більш повному використанню нафти.

Для того, щоб використання газохолу було економічно доцільним, необхідна певна економічна політика держави – зниження податків для



виробників етанолу, який використовується у складі моторного палива, зниження акцизних зборів і таке інше. У низці країн така політика ефективно здійснюється. Для заохочення споживання газохолу уряд США запровадив пільги, які дозволили зробити газохол дешевшим за чистий бензин.

Враховуючи можливість зниження собівартості етанолу внаслідок уникнення процесів очищення та зменшення його концентрації, порівняно з етанолом вищого очищення, а також враховуючи економію у витраті чистого бензину, застосування бензоспиртових палив з об'ємною часткою етанолу до 10% в умовах України є економічно доцільним, не кажучи вже про часткове зниження дефіциту нафти за рахунок використання газохолу та поліпшення екологічного становища в Україні.

## **2.7. Перспективні напрями виробництва та використання біоетанолу в Україні**

Сільськогосподарське виробництво в Україні із споживача енергії нині трансформується на її виробника. Для сільського господарства виробництво й ефективне використання біопалив – це покликання часу, актуальне завдання, яке вимагає розв'язання наразі.

Постановою Кабінету Міністрів від 4 липня 2000 р. № 1044 затверджено програму “Етанол”, спрямовану на виробництво спиртовими заводами нових видів продукції та пошук нових ринків збуту. Ця програма поєднує стратегію виробництва ВКД, технічного спирту та продукції з його використанням (етилену, етиленгліколю, синтетичного каучуку, біодизелю, продуктів тонкого органічного синтезу) з напрямками зменшення собівартості етилового спирту та комплексного безвідходного використання сільськогосподарської сировини.

Внутрішній ринок біоетанолу може сягнути 800-1200 тис. т на рік за умов, якщо він замінить 10-15% вуглеводневої частини бензинів, що споживаються в Україні. Європейський простір є ще більшим потенціалом для експорту біоетанолу.

Розв'язання проблеми динамічного виробництва біопалива потребує створення ринку енергетичних культур як сировини для його виробництва, використання сільськогосподарських угідь, придатних для вирощування енергетичних культур, не знижуючи рівень виробництва продуктів харчування. З цього приводу постійно

проводиться дискусія: що важливіше – продовольство чи біопаливо? Зазначена проблема є дуже складною, оскільки, з одного боку, забезпечення населення продовольством є пріоритетним завданням кожного уряду, а з іншого, – енергетична незалежність держави є основою її суверенітету. Тому аналіз можливостей з вирощування біосировини для отримання біопалива слід провадити з урахуванням реальної ситуації з існуючими потребами в продуктах харчування, а також з існуючими джерелами забезпечення паливом як держави загалом, так і окремих її регіонів.

В Україні у 2010 р. потреба бензину для внутрішнього споживання становить 5,5 млн. т і дизельного палива – 6 млн. т. Для заміни 5,75% цього викопного палива у 2010 р. необхідно виробити у 2010 р. 316 тис. т біоетанолу і 345 тис. т біодизельного палива.

Техніко-допустимий енергетичний потенціал виробництва етанолу наведено в табл. 2.8.

Таблиця 2.8

**Техніко-допустимий потенціал виробництва етанолу з традиційної та альтернативної сировини**

Культури	Середня врожайність, ц/га	Вихід етанолу з 1 ц сировини, л	Загальна кількість етанолу з 1 га площі, л
<b>Традиційна сировина</b>			
Кукурудза (зерно)	50	40	2000
Ячмінь, пшениця	30-40	35	1200
Цукрові буряки (меляса)	-	30	15
<b>Альтернативна сировина</b>			
Цукрові буряки (сироп)	250-300	12	3000-3500
Цукрове сорго (сироп)	600-700	9	3500-4000
Топінамбур	300-350	10	2500-3000
Цикорій (сироп)	200-250	1	2000-2500

Таким чином, для виробництва 443 тис. т біоетанолу в Україні необхідно спрямувати валовий збір кукурудзи на зерно на площі 222 тис. га, або річний обсяг виробленої меляси (408 тис. т) і валовий збір кукурудзи на зерно на площі 161 тис. га.

Проведений аналіз структури посівних площ і балансу зерна дає змогу стверджувати, що прогнозований обсяг виробництва продукції

рослинництва на перспективу достатній як для продовольства, так і для виробництва визначеного обсягу біопалива.

Енергетична незалежність – це надзвичайно важлива стратегічна мета, оскільки Україна вже відчула, що таке енергетична залежність. Необхідні зовсім інші підходи у вирішенні питання відновлюваної енергії.

Європа за розв'язання проблеми відновлюваної енергії взялася, коли біопаливо ще коштувало вдесятеро дорожче від традиційних джерел. І марно думати, що ціна на нафту буде падати. Тому розширення посівних площ під кукурудзою, ріпаком, соєю, цукровими буряками, олійним льоном з одночасним освоєнням інноваційних технологій їхнього вирощування – це розв'язання проблеми стабільного виробництва біосировини для розвитку ринку біопалив в Україні.

Експерти доводять, що нині не потрібно неодмінно будувати нові заводи для виробництва біоетанолу. Потрібно, насамперед, переобладнати частину спиртових заводів та освоїти технологію комплексної переробки біосировини, і тоді країна зможе забезпечити виконання Директиви об'єднаної Європи. Наша близька перспектива – залучити інвестиції для введення в експлуатацію спиртозаводів, олієпереробних комбінатів, робити ставки на свої зони вирощування. Умови повинні бути створені однакові і для внутрішніх, і для зарубіжних інвесторів. Введення в експлуатацію названих потужностей створить тисячі додаткових робочих місць, власна сировинна база буде задіяна на це виробництво. Готова продукція задовольнить попит внутрішнього ринку і зможе йти на експорт.

Те, що іноземний капітал є бажаним, пояснюється тим, що зарубіжні фірми мають досвід у виробництві і формуванні ринку. Тому, не без того, що можливий супротив нафтового бізнесу і, можливо, нафтові компанії доведеться законодавчо змушувати включати у пальне біоетанол та біодизель. Аби не було такого супротиву, США на 13,5 цента знизили акциз на сумішевий бензин. Це, безумовно, вигідно нафтовим компаніям. Зрозуміло, що має бути зиск для всіх ланок замкнутого ланцюга виробництва біопалива, тобто, щоб було вигідно і нафтовим компаніям, і селянам, і тим, хто виробляє біопаливо.

Нині в затяжній кризі в Україні перебуває буряково-цукровий комплекс, потерпають виробники цукрових буряків і цукровики і, безумовно, в аграріїв ці проблеми загострюватимуться і надалі.

На сучасному етапі необхідно вдосконалювати нові технології вирощування, заготівлі та попередньої підготовки сировини, що

мають істотні відмінності від розвинутих країн. В Інститутах: цукрових буряків, рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, олійних культур, Івано-Франківському інституті АПВ УААН провадяться дослідження в галузі вдосконалення генетичного потенціалу енергетичних культур, придатних для переробки на біопаливо. Очевидно, в найближчі роки будуть випробувані нові гібриди і сорти енергетичних культур, новітні технології вирощування біосировини, які доцільно використати при прогнозуванні збільшення виробництва альтернативного палива в перспективі.

Аналіз сучасного ринку енергетичного обладнання і технологій промислового виробництва біоетанолу в Україні доводить, що з технічного боку немає істотних перешкод для виробництва біоетанолу. Економічний ефект виробництва біоетанолу зростатиме, як свідчать наукові дослідження, за умов оптимального вибору технології вирощування та переробки, обґрунтованого підходу щодо реконструкції або будівництва переробних заводів у місцях накопичення сировини, а також комплексного забезпечення переробки сировини.

При створенні заводів біоетанолу акцент слід перенести на мінімізацію витрат енергії, оскільки супутні домішки у паливному етанолі не мають принципового значення. У країнах, де виробництво біоетанолу є достатньо розвиненим, зерно переробляють із використанням комплексних технологій. Вони передбачають виділення білка та жиру із зерна перед подальшим використанням його крохмальної частини у виробництві біоетанолу. Білок та олію використовують у харчовій промисловості (хлібопекарній, кондитерській тощо), а також для виробництва комбікормів. Олія також використовується як сировина для виробництва компонентів дизельного палива. Реалізація цих побічних продуктів дає змогу підвищити рентабельність виробництва на 10-12%.

Водночас разом з переходом на використання біопалива, необхідно здійснити модернізацію автозаправних станцій і мереж збуту продукції, а також зацікавити вітчизняних нафтотрейдерів, які є власниками заправок, вийти на цей ринок. Перспективи розвитку ринку біоетанолу в Україні обнадійливі: за 5-8 років, коли Україна повністю увійде в процес виробництва альтернативного палива, вона матиме вагомую нішу на ринку палива.

Організація виробництва технічного спирту допоможе вирішити проблему сировини для виготовлення каучуку в Україні.

Використання технічного спирту як добавки до пального допоможе значною мірою зменшити дефіцит пального, а також дозволить поліпшити екологічний стан міст та автошляхів країни.

Виробництво і використання біопалива в сільському господарстві України є об'єктивною передумовою до створення додаткових робочих місць, збільшення зайнятості сільського населення, підвищення ефективності виробництва та добробуту селян. Адже переважна більшість переробних підприємств розташована в сільській місцевості, а для деяких населених пунктів вони є основними платниками податків у місцеві бюджети. На їхній базі побудовано соціальну і побутову інфраструктуру сільських населених пунктів, а неритмічна робота переробних заводів дошкуляє найбільш незахищеним верствам населення – призводить, зокрема, до проблем із забезпечення теплом та електроенергією дитячих садків, шкіл, житлових будинків.

## **Основні терміни та поняття**

*Біоетанол. Біоконверсія. Етиловий спирт. Метиловий спирт. Органічний синтез. Високооктанова добавка. Ферментативний етанол. Меляса. Цукровмісна сировина. Діетиловий ефір. Етанол. Газохол. Алкогас. Декалітр. Спирт гідролізний. Етилен. Гідроліз. Спирт сульфідний. Конденсація. Утилізація. Фракції. Ефір. Азеотроп.*

## **Контрольні запитання та завдання:**

1. Що таке біоетанол?
2. Що може бути сировиною для виробництва біоетанолу?
3. Біоетанол як перспективне паливо. Його характеристики та позитиви.
4. Охарактеризуйте стан виробництва біоетанолу у світі.
5. Які основні заходи енергетичної політики у США щодо стимулювання виробництва етанолу?
6. Наведіть аналіз окремих аспектів нарощування виробництва етанолу в США.
7. У чому особливості застосування етилового спирту як добавки до моторного палива.
8. Назвіть основні стадії виробництва біоетанолу.

9. Денатуруючі добавки та вимоги до них.
10. Які перспективні напрями використання СЕТ?
11. Стан виробництва та споживання біоетанолу в Україні та світі.