

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра хімії і хімічної технології

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ А.Д. Кустовська
« ____ » _____ 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)
ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР
за спеціальністю: 161 «Хімічні технології та інженерія»
освітньо-професійної програми «Хімічні технології альтернативних
енергоресурсів»

**Тема: «Аналіз сучасного потенціалу виробництва біодизельного палива
в Україні»**

Виконавець: Оніщенко Катерина Ігорівна, група АП407 Б _____

Керівник: Матвєєва Олена Львівна, проф., к.т.н. _____

Нормоконтролер: Максимюк М.Р., доцент, к.х.н. _____

КИЇВ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра хімії і хімічної технології
Спеціальність: 161 «Хімічні технології та інженерія»
ОПП «Хімічні технології альтернативних енергоресурсів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ А.Д. Кустовська

« _____ » _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Оніщенко Катерини Ігорівни

1. Тема роботи: «Аналіз сучасного потенціалу виробництва біодизельного палива в Україні» затверджена наказом ректора від 20 квітня 2022 р. № 417/ст
2. Термін виконання роботи: з 23.05. 2022 року по 19.06.2022 року.
3. Вихідні дані до роботи: асортимент дизельного і біодизельного палива, технологія виробництва біодизельного палив, сировинні ресурси для виробництва біодизельного палива.
4. Зміст пояснювальної записки:
Вступ. Розділ 1. Світова практика виробництва та споживання біодизельного.
Розділ 2. Аналіз сировинної бази та технології виробництва біодизельного палива. Розділ 3. Аналіз сучасного потенціалу виробництва біодизельного палива в Україні. Висновки. Список бібліографічних посилань використаних джерел.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: структурно логічні схеми, технологічні схеми, SWOT-аналіз.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Одержання теми. Пошук та аналіз літератури за темою дипломної роботи.	23.05.2022	
2.	Опрацювання літературних джерел з даної теми.	25.05.2022	
3.	Опрацювання матеріалів щодо світової практики виробництва та споживання біодизельного палива.	01.06.2022	
4.	Опрацювання матеріалів щодо сировинної бази та технології виробництва біодизельного палива.	08.06.2022	
5.	Опрацювання матеріалів щодо сучасного потенціалу виробництва біодизельного палива в Україні.	10.06.2022	
6.	Розроблення рекомендацій щодо потенціалу розвитку виробництва біодизельного палива в Україні.	13.06.2022	
7.	Узагальнення матеріалу, оформлення дипломної роботи.	14.06.2022	
8.	Підготовка доповіді та презентації.	15.06.2022	
9.	Захист дипломної роботи.	16.06.2022	

Дата видачі завдання: 23 травня 2022 р.

Керівник дипломної роботи _____ Матвеева О. Л.

Завдання прийняла до виконання _____ Оніщенко К. І.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: «Аналіз сучасного потенціалу виробництва біодизельного палива в Україні»: містить 55 с., 20 рис., 3 табл., 34 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: виробництво та споживання біодизельного палива в Україні.

Мета роботи: дослідити та обґрунтувати сучасний потенціал виробництва біодизельного палива в Україні.

Методи дослідження: статистичні, узагальнення, аналіз, літературний пошук та систематизація, SWOT-аналіз.

В роботі досліджували: аналіз сучасного потенціалу виробництва біодизельного палива в Україні, сучасний стан та динаміку виробництва біодизельного палива, описано біосировину для виробництва біодизельного палива, надано технології виробництва біодизельного палива, запропоновано рекомендації щодо інтенсифікації розвитку виробництва біодизельного палива в Україні.

БІОДИЗЕЛЬНЕ ПАЛИВО, БІОПАЛИВО, СИРОВИНА, БІОМАСА, ВИРОБНИЦТВО, ВИКОРИСТАННЯ, МЕТИЛОВИЙ ЕФІР ЖИРНОЇ КИСЛОТИ, ГІДРОГЕНІЗОВАНА РОСЛИННА ОЛІЯ, ТЕХНОЛОГІЯ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. СВІТОВА ПРАКТИКА ВИРОБНИЦТВА ТА СПОЖИВАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА	10
1.1. Сучасний стан та динаміка виробництва біодизельного палива	10
1.2. Світова практика виробництва та використання біодизельного палива в провідних країнах світу	13
1.2.1. Виробництво та використання біодизельного палива в США.....	16
1.2.2. Виробництво та використання біодизельного палива в Іспанії	17
1.2.3. Виробництво та використання біодизельного палива в Бразилії	18
1.3. Споживання відновлюваної енергії транспортним сектором	19
1.4. Висновки по розділу	20
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СИРОВИННОЇ БАЗИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА	21
2.1. Перспективні технології виробництва альтернативного авіаційного палива... ..	22
2.2. Технологія виробництва біодизельного палива.....	23
2.3. Біосировина для виробництва біодизельного палива в світі	26
2.3.1. Пальмова олія	29
2.3.2. Соева олія.....	30
2.3.3. Використана олія (UCO) та тваринні жири.....	30
2.3.4. Мікроводорості.....	31
2.4. Біосировина для виробництва біодизельного палива в Україні.....	32
2.5. Залежність від імпортової сировини та імпортового біодизеля	34
2.6. Висновки по розділу	36
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА В УКРАЇНІ	38
3.1. SWOT-аналіз розвитку галузі виробництва біодизельного палива в Україні ..	38
3.2. Український експорт олійних культур і олій	41
3.3. Технологія виробництва біодизельного палива в Україні	42
3.3.1. Циклічна каталітична схема виробництва біодизельного палива	43

3.3.2. Виробництво біодизельного палива із використання розчинників	44
3.3.3. Багатореакторна безперервна технологія виробництва біодизеля	45
3.4. Техніко-економічне обґрунтування виробництва біодизельного палива в Україні	46
3.4.1. Виготовлення біодизельного палива у невеликих об'ємах для власного споживання	47
3.5. Рекомендації щодо інтенсифікації розвитку виробництва біодизельного палива в Україні	48
3.6. Висновки по розділу	51
ВИСНОВКИ	53
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ЄС – Європейський Союз.

США – Сполучені Штати Америки.

АЗС – автозаправна станція.

CO₂ – вуглекислий газ.

ICAO – International Civil Aviation Organization (Міжнародна організація цивільної авіації).

МЕЖК – метиловий ефір жирної кислоти.

ГРО – гідрогенізована рослинна олія.

Mtoe – Million Tonnes of Oil Equivalent (Мільйон тон нафтового еквіваленту).

UCO – used cooking oil (відпрацьована кулінарна олія).

ASTM – American Society for Testing and Materials (американська міжнародна добровільна організація).

COT – Світова організація торгівлі.

ВСТУП

Актуальність теми. Найважливішим рішенням, від якого залежить енергонезалежність України, є стабільне виробництво та постачання енергоносіїв. За різними оцінками, річна потреба в нафтопродуктах в Україні становить 24-28 млн. тон, а потреба в природному газі – 85 млрд. кубометрів. Власне виробництво обмежене невеликими запасами та високими витратами на розробку. При збереженні нинішніх темпів виробництва та використання цих викопних джерел енергії вистачить приблизно на 30-40 років.

Найперспективнішими нетрадиційними джерелами енергії є рослинні та тваринні жири, які можна використовувати для виробництва біодизельного палива. Понад 150 видів рослин можуть виробляти олію, що дозволить вирішувати енергетичні проблеми самостійно.

Слід зазначити, що в процесі виробництва біодизельного палива виникає шрот, який іде на корм худобі, а отримання великої кількості шроту може повністю забезпечити річну потребу України в комбікормах.

Біодизельне паливо можна використовувати в дизельних двигунах, а також в двигунах з безпосереднім вприскуванням за умов відповідного вдосконалення двигуна, так і в суміші з дизельним паливом без зміни конструкції двигуна.

Перевагами біодизельного палива у порівнянні з нафтовим є зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу, низький вміст сірки та ароматичних вуглеводнів. Воно практично нетоксичне, розкладається в природних умовах, не викликає корозії робочих поверхонь двигуна, містить кисень в молекулах, який покращує процес горіння палива, має більш високу температуру детонації, достатньо високе цетанове число і кращу змащувальну здатність.

Звичайно, існують певні недоліки біодизельного палива: підвищена здатність до окислення, що призводить до зниження термінів зберігання та необхідності роздільного постачання нафтового дизеля та біодизельного палива на АЗС для одержання сумішей. До недоліків також відноситься чутливість біодизеля до вологи, яка призводить до розвитку гідролітичних процесів і його розкладання, агресивність

до неметалічних частин двигуна і утворення нагарів в камерах згорання, що потребує введення миючих присадок. При цьому витрати біодизельного палива на 10 – 15 % є вищі, ніж нафтового. Однак, наприклад, у Європі, яка підтримує впровадження екологічних видів палива, заводи, що виробляють біодизель, звільнені від сплати деяких аналогів, тому ціна біодизелю на ринку майже на 20 % є нижчою, ніж мінерального дизельного палива

Мета роботи. Дослідити та обґрунтувати сучасний потенціал виробництва біодизельного палива в Україні.

Об'єкт дослідження. Виробництво та споживання біодизельного палива в Україні.

Предмет дослідження. Сировинні ресурси, потенціал та технології виробництва біодизельного палива в Україні.

Методи дослідження: статистичні, узагальнення, аналіз, літературний пошук та систематизація, SWOT-аналіз.

Практичне значення одержаних результатів. Проведено SWOT-аналіз розвитку галузі виробництва біодизельного палива в Україні, техніко-економічне обґрунтування виробництва біодизельного палива в Україні, розроблено рекомендації щодо інтенсифікації розвитку виробництва біодизельного палива в Україні.

Особистий внесок студента у роботу. Проведено аналіз сучасного потенціалу виробництва біодизельного палива в Україні, описано біосировину для виробництва біодизельного палива, надано технології виробництва біодизельного палива, запропоновано рекомендації щодо інтенсифікації розвитку виробництва біодизельного палива в Україні.

РОЗДІЛ 1. СВІТОВА ПРАКТИКА ВИРОБНИЦТВА ТА СПОЖИВАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

Єдине альтернативне джерело енергії, яке може скласти конкуренцію традиційному дизельному паливу на сьогоднішній день – біодизельне паливо. 10 серпня 1893 року відбулась презентація першого в світі дизельного двигуна, який працював на біодизельному паливі – арахісовій олії.

Зважаючи на глобальні зміни нафтового ринку планети та дорожчання, а іноді і унеможливлення отримання нафтопродуктів, вважається, виготовлення біодизельного палива необхідним для енергетичної безпеки нашої держави.

1.1. Сучасний стан та динаміка виробництва біодизельного палива

Внаслідок постійного зростання цін на нафту – світове виробництво біопалива зростає вражаючими темпами (більш ніж удвічі за останнє десятиліття). Більшу частину продукту (понад 70%) становить біоетанол, близько 20% – біодизельне паливо, близько 7% – гідроочищена рослинна олія (рис. 1.1) [1].

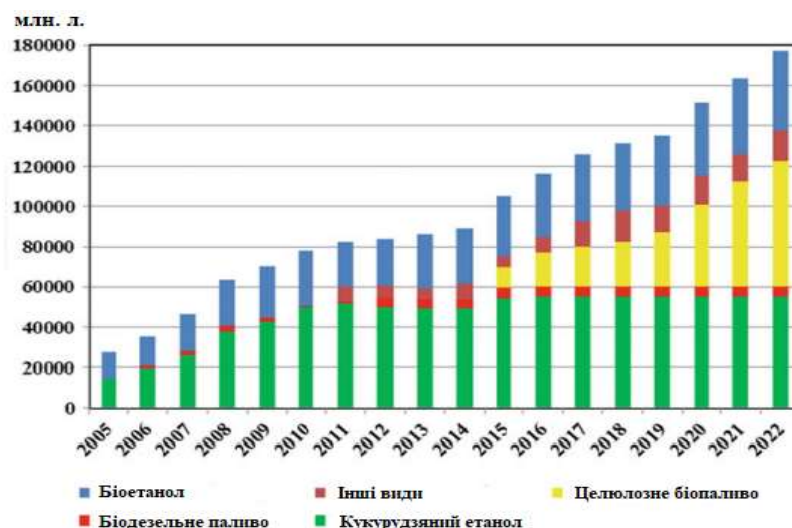


Рис. 1.1. Світове виробництво біопалива [2]

П'ятіркою провідних виробників рідкого біопалива є США (41%), Бразилія (26%), Індонезія (5%), Китай (3%) і Німеччина (3%). Інші 22 відсотки виробництва розподіляється в решті світу, причому Таїланд, Франція, Індія, Канада та Аргентина мають значну частку ринку (рис. 1.2) [3].

Діють численні програми щодо використання біодизельного палива за кордоном. Міннесота (США) виробляє біодизельне паливо, що містить 2% рослинної (соевої) олії. У 2019 році ряд АЗС у Великобританії представили нове паливо, яке є сумішшю звичайного дизельного палива (95%), отриманого зі спеціальної олії з низьким вмістом сірки та ріпакової олії (5%).

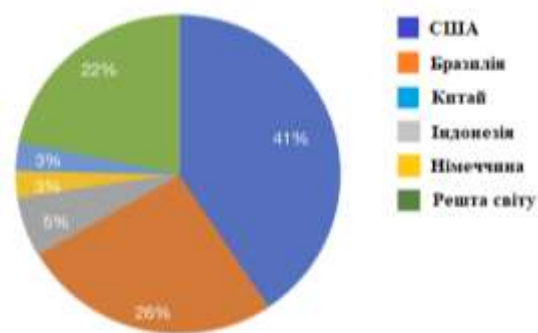


Рис. 1.2. Розподіл світового виробництва рідкого біопалива в 2020 році

Початок виробництва біодизельного палива датується 1992 роком. Виробництво біодизельного палива в ЄС у 2000 році: Німеччина – 1035 тис. т., Франція – 348 тис. т., Італія – 320 тис. т., Данія – 70 тис. т., Чехія – 60 тис. т., Австрія – 57 тис. т., Словаччина – 15 тис. т., Іспанія – 13 тис. т., Великобританія – 9 тис. т., Литва – 5 тис. т., Швеція – 1,4 тис. т. (всього 1,9334 млн. т.). За даними Європейської ради з біодизельного палива у 2019 році – виробництво біодизельного палива в ЄС зросло на 35% порівняно з 2017 роком. Близько 80% біодизельного палива в Європі виробляється з ріпакової олії, і для цього було використано близько третини врожаю ріпаку у 2018 році [4].

Потужність виробництва біодизельного палива у 2018 році становила: Німеччина – 1088 тис. т., Франція 502 тис. т., Італія – 419 тис. т., Австрія – 100 тис. т., Іспанія – 70 тис. т., Данія – 44 тис. т., Велика Британія – 15 тис. т., Швеція – 8 тис. т. (всього 2,246 млн. т.). У 2018 році ЄС побудував загалом 40 заводів. До середини 2019 року загальна потужність ЄС з виробництва біодизельного палива перевищувала 4 мільйони тон на рік. На рисунку 1.3 зображено виробництво, споживання, імпорт, експорт і запаси біодизельного палива Європи з 2006 по 2020 рік.

У США в жовтні 2018 року встановлена потужність становила 150 мільйонів галонів на рік (близько 567 мільйонів літрів).

Загалом у світі побудовано понад 150 заводів, які виробляють близько 3 мільйонів тон рідкого біопалива на рік. У Європі щорічне виробництво біопалива перевищує 1 млн. т. Крім того, для його виробництва в основному використовується ріпакова та соняшникова олія (84% та 13% від загального виробництва біопалива відповідно).

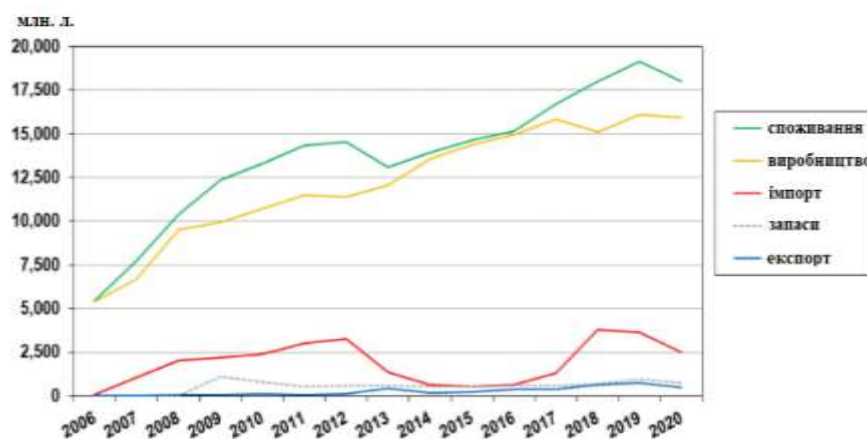


Рис. 1.3. Тенденція змін можливостей Європи з 2006 по 2020 рік [5]

Сьогодні світове споживання рідкого палива становить 3917 мільярдів тон на рік. З них 20 мільйонів тон становить біопаливо, з якого лише невелика частина споживається міжнародною авіацією. Більшість видів палива використовується в системах прямого згорання, які виділяють вуглекислий газ (CO_2) пропорційно кількості спаленого палива. Очікується, що споживання палива в міжнародному повітряному транспорті зросте з 200 мільярдів тон в 2009 році до 450–550 мільярдів тон до 2036 року, згідно з попередньою оцінкою Комітету ІКАО із захисту навколишнього середовища від впливу авіації (САЕР). У міру підвищення ефективності та технологій авіації викиди CO_2 зростуть з 632 мільярдів тон у 2009 році до 142,2–1738 мільярдів тон у 2036 році (без урахування впливу альтернативного палива).

Чеська Республіка, Польща та Словаччина розглядають виробництво біопалива як захід для підтримки сільського господарства. Ці країни застосували

податкову підтримку, мінливість якої негативно вплинула на біопаливну промисловість. Затримки з ухваленням більшості анонсованих законів та багато бюрократичних перешкод у виробництві та використанні біопалива не сприяли його розвитку. Крім того (особливо в Польщі) немає чітких стандартів щодо якості біопалива та методів їх контролю, що створює негативний імідж продукту, оскільки споживачі не впевнені в його привабливості. Велика Британія та Нідерланди обрали інші підходи, стверджуючи, що витрати на освоєння нових ринків не окупляться. Однак це не заважає двом країнам розробляти та реалізовувати довгострокові плани щодо біопалива (наприклад, експорт біодизельного палива з Великобританії в континентальну Європу з 2017 року зріс більш ніж на третину.) Навіть скромні податкові пільги у Великобританії не тільки ефективно впоралися з відпрацьованою олією і сільськогосподарськими відходами, але й продемонстрували переваги біодизельного палива за мінімальних витрат.

Таким чином, аналіз європейської національної політики показує, що вирішальними факторами, що призводять до успішного розвитку виробництва та використання біопалива, є:

- політична підтримка розвитку ринку;
- наявність активних гравців ринку або груп, які активно лобіюють початок розвитку ринку промисловості;
- компенсація, що надається державою для покриття різниці в ціні між біопаливом і нафтопродуктами;
- наявність кінцевого споживача на ринку чистого або змішаного біопалива.

1.2. Світова практика виробництва та використання біодизельного палива в провідних країнах світу

Біодизельне паливо в даний час становить менше 2 відсотків балансу світового ринку дизельного палива, незважаючи на зростання світового виробництва.

Не дивлячись на численні переваги цього відновлюваного джерела енергії, венчурні капіталісти обходять цей ринок, стверджуючи, що уряди зобов'язані

інвестувати у свої соціальні зобов'язання. Тому зростання ринку біодизельного палива США та ЄС в основному відбувається за рахунок державної підтримки.

Основними світовими виробниками біодизельного палива є: ЄС, США, Бразилія, Аргентина, Індонезія, Іспанія. На країни ЄС припадає велика частка світового виробництва, але за останні 10 років їх частка впала на 19% до 36%. Значно зросли частки США, Бразилії, Аргентини та Індонезії.

В даний час до автомобільних дизельних палив входять два основних типи біопалива: МЕЖК (метиловий ефір жирної кислоти) і ГРО (гідрогенізована рослинна олія). Вони використовують ресурси біомаси, що містять жирні кислоти, такі як олійні культури (ріпак, пальма, соя і т. д.) або відпрацьовані олії чи тваринні жири. На відміну від МЕЖК, включення якого обмежено максимум 10% об. у дизельному паливі, що розповсюджується на заправних станціях у Європейському Союзі, немає обмежень на кількість ГРО, яка може бути включена до звичайної дизельної суміші. На ГРО припадає 8% біодизельного палива, яке споживається у всьому світі (рис. 1.4). Це наймолодша галузь, але вона переживає бурхливе зростання.

Хоча глобальне споживання біодизельного палива у 2020 році дещо знизилося, криза в галузі охорони здоров'я вплинула на ринок менше, ніж на етанол. Це сталося тому, що скорочення попиту на дизельне паливо було менше, ніж на бензин, а вплив заходів з охорони здоров'я (ізоляція, віддалена робота тощо) на вантажний транспорт був значно меншим, ніж на використання особистого транспорту. Крім того, у Європейському Союзі, провідному виробнику та давньому споживачеві біодизельного палива, нормативні цілі, що регулюють використання біопалива та скорочення викидів палива, стимулювали використання біодизельного палива, особливо виробленого з використанням відпрацьованої олії, завдяки чудовим екологічним характеристикам.

Таким чином, зростання ринку ГРО дозволило значною мірою компенсувати падіння споживання МЕЖК, що є прямим результатом зниження попиту на дизельне паливо.

У ЄС виробництво МЕЖК впало на 7%, тоді як виробництво ГРО зросло майже на 20%, особливо у Франції та Італії, де нові заводи, які почали працювати в 2019 році, вперше працювали протягом усього року. Сьогодні провідними європейськими виробниками ГРО є Нідерланди, Франція, Італія, Іспанія та Фінляндія, які займають майже 95% місцевого ринку.

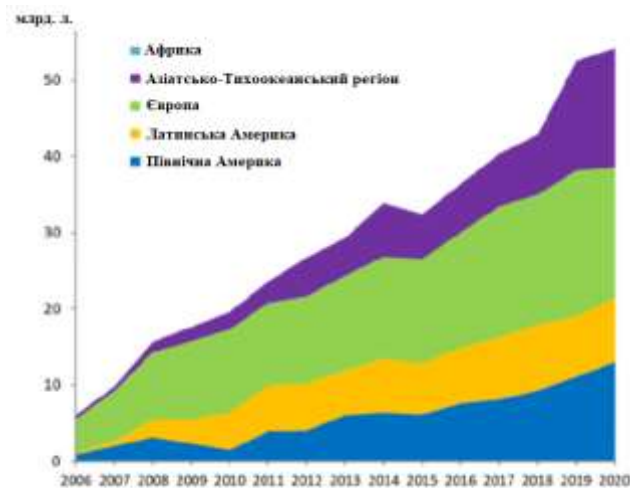


Рис. 1.4. Динаміка виробництва біодизельного палива (МЕЖК і ГРО)

У США споживання біодизельного палива продовжувало зростати до 8,5 млн тон у 2020 році, а ринок складався з 65% МЕЖК і 35% ГРО. Ринок залишався динамічним у країні внаслідок вимог федерального уряду щодо інкорпорації (стандарт відновлюваного палива, версія липня 2010 року) та вимог щодо скорочення інтенсивності вуглецю в Каліфорнії (стандарт палива з низьким вмістом вуглецю). Крім того, в короткостроковій перспективі очікується чотириразове збільшення виробничих потужностей ГРО, зокрема за рахунок переобладнання установок для переробки викопного палива. Каліфорнія та декілька канадських штатів (Орегон і Британська Колумбія) особливо заохочують розвиток ринку біодизельного палива з переробленої нафти.

Ринок біодизельного палива також продовжував зростати в Бразилії зі споживанням 5 млн тон у 2020 році, насамперед завдяки значному врожаю сої та збільшенню вимоги щодо включення до 12% об. У той час як соєва олія становить 75% біодизельного палива, виробленого в Бразилії.

В Індонезії, провідному виробнику в Азії, підвищення національних вимог щодо інкорпорації з 20% до 30% об. на початку 2020 року дозволили компенсувати падіння попиту на дизельне паливо на 12,5%, викликане кризою охорони здоров'я. Таким чином, у 2020 році споживання МЕЖК перевищило 7 Мтоє.

У 2020 році, як і впродовж кількох років першою за поширеністю сировиною в ЄС для виробництва біодизельного палива була ріпакова олія, другою з часткою близько 23% – відпрацьовані кулінарні олії (UCO) і 6 % – тваринні жири. Але, закриття ресторанів значно ускладнило збір UCO. Імпорт зріс на 20% порівняно з 2019 роком, в першу чергу з Малайзії, Китаю, США, Росії та Індонезії. У 2020 році сира пальмова олія все ще становила 18% європейських поставок біодизельного палива, рівень, який зростає майже до 30% для всієї сирої олії та похідних пальмової олії [6].

1.2.1. Виробництво та використання біодизельного палива в США

До початку 2000-х років у Сполучених Штатах споживалася та вироблялася лише невелика кількість біодизельного палива. З тих пір споживання та виробництво біодизельного палива в США значно зросло, в основному завдяки різноманітним державним стимулам та вимогам щодо виробництва, продажу та використання. У 2020 році біодизельне паливо посів друге місце як біопаливо з найбільш широким виробництвом та споживанням, на нього припадає приблизно 11% та 12% загального виробництва та споживання біопалива в США відповідно.

Чисте біодизельне паливо називається В100. В100 має обмежені можливості прямого використання та стикається з проблемами логістики постачання через його фізичні властивості та характеристики. В100 є хорошим розчинником для розщеплення каучуку в паливних магістралях, розпушування або розчинення плівки фарби та відкладень у дизельних паливних баках, трубах і паливних системах двигуна, які можуть забити паливні фільтри двигуна. В100 використовується при більш високих температурах, ніж нафтове дизельне паливо, що створює проблеми для його використання при низьких температурах. Таким чином, В100 не можна

зберігати або транспортувати в звичайних цистернах і трубопроводах – повинен транспортуватися залізницею, судном/баржою або вантажівкою.

B100 схвалено для змішування з нафтовим дизельним/дистилятом відповідно до специфікації ASTM D6751. У США майже все біодизельне паливо споживається у вигляді суміші нафтового дистиляту та дизельного палива з вмістом 2% (відомий як B2), 5% (B5) або 20% (B20). Через змащувальні властивості біодизеля нафтове дизельне паливо, яке продається в США, зазвичай містить до 1% біодизеля, може продовжити термін служби деяких компонентів двигуна. B100 додається лише до нафтового дизельного палива на терміналі змішування місцевих танкерів.

Станом на 1 січня 2021 року в Сполучених Штатах було 75 потужностей з виробництва біодизельного палива загальною потужністю приблизно 2,4 мільярда галонів B100 на рік. Близько 62% потужностей розташовано на Середньому Заході. У 2020 році виробництво біодизельного палива в США (B100) становило приблизно 1,8 мільярда галонів, приблизно 197 мільйонів галонів імпортували та приблизно 145 мільйонів галонів експортували. У 2020 році близько 1,9 мільярда галонів B100 було спожито в сумішах B20 [7].

1.2.2. Виробництво та використання біодизельного палива в Іспанії

Іспанія входить до трійки кращих країн-членів за потужністю виробництва та споживанням біодизельного палива, а також однією з найбільших країн-членів ЄС щодо виробництва та споживання ГРО. Як і в переважній більшості країн ЄС, дизельне паливо є основним транспортним паливом в Іспанії. Однак якщо середнє співвідношення дизельного палива і бензину в ЄС становить 2:1, то в Іспанії воно становить 3:1. Споживання біопалива в Іспанії повністю залежить від мандатів.

Вітчизняні виробники біопалива зіткнулися з конкуренцією з боку імпорту, що різко скоротило використання виробничих потужностей протягом багатьох років. Дещо більш здоровий внутрішній сектор біодизельного палива після введення компенсаційних мит проти Аргентини та Індонезії в 2013 році разом із застосуванням системи національних квот на виробництво в 2014 та 2015 роках дозволили відновити виробництво. Тим не менш, представники галузі запевняють,

що сьогодні працює менше 15 біодизельних заводів, а решта не працюють і мають обмежені можливості для відновлення виробництва [8].

Сектор біодизельного палива Іспанії сильно залежить від імпортової сировини, оскільки олія вітчизняного виробництва (оливкова та соняшникова) використовується на продовольчому ринку. Пальмова олія є основною сировиною для біодизельного палива в Іспанії, на яку припадає майже дві третини загального виробництва.

1.2.3. Виробництво та використання біодизельного палива в Бразилії

Бразилія є одним із найбільших у світі споживачів біодизельного палива. Наразі в країні є 51 авторизованих заводів з виробництва біодизельного палива, 45% з яких розташовані на Середньому Заході.

Внутрішнє споживання біодизельного палива жорстко регулюється урядом Бразилії. На рисунку 1.5 зображено ріст динаміки споживання біодизельного палива в Бразилії. Це функція двох змінних, включаючи обов'язкову норму суміші біодизельного палива та загальне споживання дизельного палива [9].

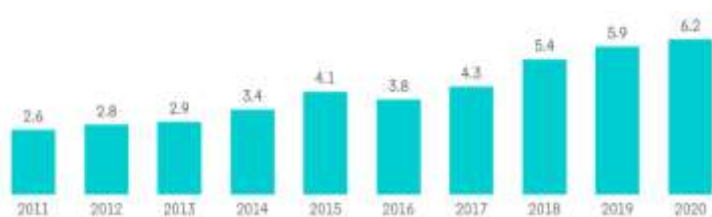


Рис. 1.5. Споживання біодизельного палива (млн. літрів), Бразилія

Існують також дві основні політики: Національний план боротьби з алкоголем і Бразильський план біодизеля (PNPB), які зосереджені на споживанні та виробництві біопалива в країні. Щоб зменшити залежність країни від імпорту нафти, країна зосереджується на виробництві водного етанолу для використання в транспортних засобах, що працюють на біопаливі, відповідно до Національного плану щодо алкоголю.

Аналогічно, Бразильська програма виробництва та використання біодизельного палива (PNPB) має на меті запровадити виробництво та використання

біодизельного палива на федеральному рівні. Дизельне паливо, що реалізується споживачам, містить певний відсоток біодизеля, що передбачено законодавством, що стимулює попит і споживання на ринку біодизеля в країні.

Крім того, розвиток біодизельних двигунів спричинили розвиток технологій в автомобільній промисловості та зростання виробництва біодизельного палива. Бразилія має найбільший у світі автопарк легкових і вантажних автомобілів, що працюють на біопаливі.

1.3. Споживання відновлюваної енергії транспортним сектором

За даними IRENA (Міжнародне агентство з відновлюваної енергетики), до 2050 року структура енергоспоживання транспортного сектора істотно зміниться, навіть зі збільшенням кількості транспортних засобів. Зокрема за рахунок підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів у транспортній сфері не менше ніж на 30%. У «енергетичному комплексі» домінуватимуть нетрадиційні джерела енергії для транспорту, особливо водень (8% споживання), біопаливо та біогаз (22% споживання), а також джерела енергії з відновлюваних джерел. (рис. 1.6)

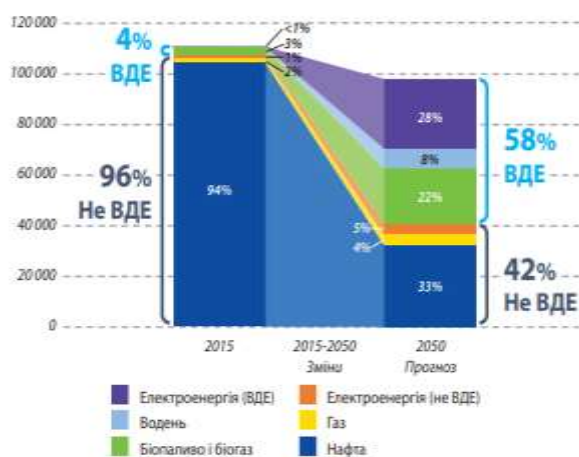


Рис. 1.6. Кінцеве споживання енергії транспортним сектором, ПДж в рік (за даними IRENA)

Ці зміни зменшать викиди вуглекислого газу щонайменше на 70% порівняно з 2015 роком. Щоб задовольнити зростаючий попит, виробництво рідкого біопалива

має збільшитися з 129 мільярдів літрів у 2015 році до понад 900 мільярдів літрів у 2050 році. Майже половина цього обсягу буде представлена звичайним біопаливом, а інша половина – біопаливо нового покоління, яке можна виробляти з більш широкого спектру сировини. У той же час різке збільшення виробництва біопалива потребуватиме ретельного планування та стабільного постачання сировини, а також дотримання вимог продовольчої безпеки [1].

В Україні є величезний потенціал виробництва біопалива, але він фактично не використовується. Наприклад, за даними Державного агентства з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів, у 2017–2018 рр. Україна експортувала понад 4,8 млн. тон олійних культур, з них: 2,1 млн. тон ріпаку та понад 2,7 млн. тон сої. Тоді як виробництво в у 2017 році було: 2,2 млн. тон ріпаку, 3,9 млн. тон сої.

1.4. Висновки по розділу

1. Проведений аналіз світового ринку біопалива показав, що внаслідок постійного зростання цін на нафту – світове виробництво біопалива зростає вражаючими темпами (більш ніж удвічі за останнє десятиліття). Більшу частину продукту (понад 70%) становить біоетанол, близько 20% – біодизельне паливо, близько 7% – гідроочищена рослинна олія

2. Визначено п'ятірку провідних виробників рідкого біопалива: США (41%), Бразилія (26%), Індонезія (5%), Китай (3%) і Німеччина (3%).

3. Проаналізувавши світову статистику виробництва біодизельного палива було визначено, що основними світовими виробниками біодизельного палива є: ЄС, США, Бразилія, Аргентина, Індонезія, Іспанія.

4. Підтверджено важливість виробництва біопалива. Загалом у світі побудовано понад 150 заводів, які виробляють близько 3 мільйонів тон рідкого біопалива на рік.

І зазначено, що за кордоном діють численні програми щодо використання біодизельного палива.

Враховуючи досвід європейських країн, лише узгоджені зусилля на всіх рівнях можуть визначити сегменти ринку, де біопаливо може домінувати. Ефективність

біопаливної стратегії також залежить від усіх її складових. Лише комплексний підхід може досягти бажаного ефекту – допомоги у вирішенні екологічних та енергетичних проблем та виходу українського біопалива на ринок, у тому числі світовий.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СИРОВИННОЇ БАЗИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

Як вказано в роботах [10-13], геологічні світові ресурси нафти є, на жаль, обмеженими та невідновлюваними. За даними [14], світові розвідані запаси нафти становлять 235,8 мільярдів тон. Споживання нафти за останні 40 років зросло з 2,728 мільярдів тон до 4,27 мільярдів тон [15, 16]. Враховуючи поточні темпи споживання, наявних запасів нафти вистачить на 50 – 60 років.

Нафта є перш за все сировиною для рідкого моторного палива. Нині використання та ціна цієї сировини для рідкого моторного палива у світі та в Україні постійно зростають. Тому тенденція до зростання споживання рідкого моторного палива та обмеженість геологічних ресурсів для виробництва його сировини спонукають міжнародне співтовариство шукати можливості його заміни.

Одним з можливих джерел енергії для заміни традиційного рідкого моторного палива є біомаса. За допомогою переробка біомаси в багатьох країнах світу вже виробляють рідке біопаливо для двигунів внутрішнього згоряння у формі біоетанолу або біометанолу (замінники бензину) або рослинних олій або продуктів їх переробки (замінники дизельного палива). Промислові технології виробництва цього рідкого біопалива розроблені та впроваджені в багатьох країнах світу.

Для виробництва біодизельного палива використовуються як рослинні олії, тваринні жири, рідше – ефірні олії різних рослин чи водоростей, відпрацьовані олії та інші доступні види жировмісної сировини.

2.1. Перспективні технології виробництва альтернативного авіаційного палива

Чинні вимоги ЄС (Директива ЄС 2009/28/ЕС від 23 квітня 2009 року «Про стимулювання використання відновлюваної енергії») встановлювали такі цілі: до 2021 року частка відновлюваної енергії в загальному енергетичному балансі має становити до 20% , біопаливо – не менше 10%. Враховуючи ці фактори, стає актуальним пошук і розвиток альтернативних технологій виробництва авіаційного палива з відновлюваної сировини. На сьогоднішній день відомі багато технологій виробництва альтернативного авіаційного палива, які активно досліджуються та впроваджуються на практиці. Такими перспективними технологіями є (рис. 2.1):



Рис. 2.1. Технології виробництва альтернативного авіаційного палива

– технологія CtL (coal to liquid). За цією технологією авіаційний керосин отримують з вугілля методом синтезу Фішера-Тропша (FT);

- технологією GtL (gas to liquid). Подібна технологія, але як сировина для синтезу використовується природний газ;
- процес MtSynfuels (Methanol to Synthetic fuels). Технологія виробництва метанольного палива, яка може замінити синтез FT і забезпечити більший вихід кінцевого продукту;
- технологія EtK (Ethanol to Kerosene). Виробництво керосину з етанолу;
- технологія BTL (Biomass to Liquids). Це основа синтезу FT і процесу MtSynfuels. Сировиною є біомаса – рослинні ресурси (тирса, солома, рослинні рештки);
- HVO (гідрогенізована рослинна олія), яка є чистим керосином, не містить сірки та ароматичних вуглеводнів. Виробляється шляхом переробки рослинних олій і тваринних жирів у присутності водню;
- технологія виробництва біокеросину. Суть полягає в процесі переетерифікації жирних кислот рослинної олії в присутності метанолу або етанолу та лужного каталізатора. Технологія схожа на технологію виробництва біодизеля;
- криогенне паливо. Технологія використання зрідженого природного газу (CH₄) як альтернативного авіаційного палива. ISSN 2075-0781. Наукоємна техніка, 2016. № 3 (19) 261. Виробництво синтетичного палива з вугілля та природного газу, як нафта, є невідновлюваним джерелом сировини, яке не може назавжди врятувати людство від небезпеки енергетичної кризи, хоча й у далекому майбутньому. Крім того, вуглекислий газ виділяється при спалюванні синтетичного вуглеводневого палива з невідновлюваної сировини, а також при спалюванні технологічного палива, що бере участь у виробництві синтетичного палива. Тому більш доцільним буде використання біопалива.

2.2. Технологія виробництва біодизельного палива

З хімічної точки зору біодизельне паливо являє собою суміш метилових (етилових) ефірів насичених і ненасичених жирних кислот. Під час (пере)етерифікації олія з'єднується з метиловим (етиловим) спиртом у присутності каталізатора (зазвичай, лужних – NaOH, NaOCH₃ або KOH). Таким чином,

утворюється складні ефіри, а також гліцеринова фаза (56% гліцерину, 4% метанолу, 13% жирних кислот, 8% води, 9% неорганічних солей, 10% ефірів).

Потім додають метиловий спирт і луг, що є каталізатором реакції переестерифікації до очищеної від механічних домішок олії, а потім нагрівають отриману суміш. Після відстоювання та охолодження рідина розшарується на дві фракції – легку і важку. Важка фракція є гліцерином, легка – метиловим ефіром (рисунок 2.2).

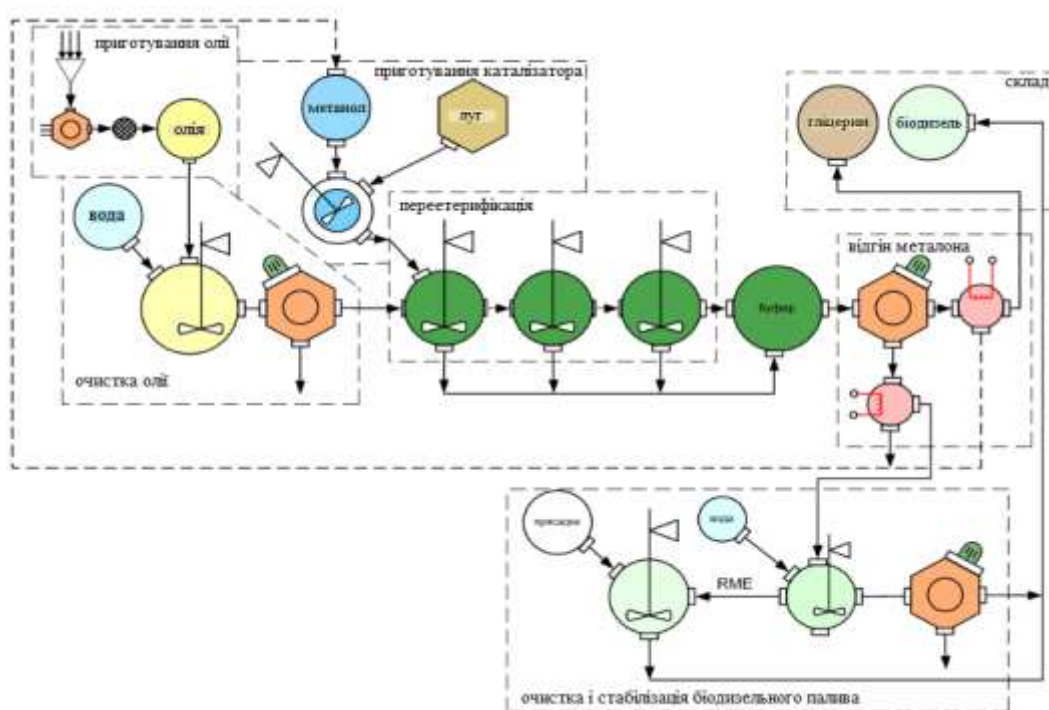


Рис. 2.2. Блок-схема виробництва біодизельного палива [17]

Основними технологіями виробництва біодизельного палива є (табл. 2.1):

- циклічна з використанням лужних каталізаторів;
- безкаталізаторна циклічна (з використанням розчинника, зазвичай тетрагідрофурану);
- багатореакторна безперервна.

Технологія виробництва біодизельного палива вдосконалюється багатьма країнами. Вважається перспективним зосередитися на використанні каталітичних процесів для переробки біомаси в рідкі продукти. В Україні УкрНДІП «МАСМА»

активно працює в цьому напрямку, зокрема розробляє безвідходну технологію отримання метилових ефірів з жирних кислот, а також рослинних і тваринних жирів.

Базові технології одержання біодизельного палива

Назва технології	Характеристика	Переваги	Недоліки
Циклічна із застосуванням каталізаторів	температура реакції близько 65°C, атмосферний тиск, час реакції до 2 годин, використання каталізатора 1,5% від маси олії, вихід ефіру - 85% від загальної маси біодизельного палива	-хід процесу відносно простий -низька вартість технічного маршруту -можливість використання не високої якості сировини	-низький вихід ефіру -тривалість реакції
Безкаталізаторна циклічна	температура реакції 30°C, атмосферний тиск, час реакції 5-10 хвилин, розчинник - тетрагідрофуран, вихід ефіру - 98% від загальної маси біодизельного палива	-високий вихід ефіру -низька температура і висока швидкість реакції -чистота продукту	-потреба в дорогих і агресивних розчинниках -вимагає використання додаткового обладнання
Багатореакторна безперервна	температура реакції 80-160 °C, тиск 2-3 атм, час реакції 6-10 хвилин, кількість каталізатора - до 1% від маси олії, вихід ефіру - 98% від загальної маси біодизельного палива	-високий вихід ефіру -безперервність процесу -швидкість реакції	-складність технічного процесу -висока вартість технічної лінії -дуже чутлива до якості сировини

2.3. Біосировина для виробництва біодизельного палива в світі

Проблему скорочення викидів вуглекислого газу, що відноситься до групи так званих «парникових газів», можна вирішити за допомогою палива рослинного походження. Поглинання вуглекислого газу різними рослинами є результатом реакції фотосинтезу: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{C}(\text{H}_2\text{O}) + \text{O}_2 + 120 \text{ ккал/моль}$.

Тому вуглекислий газ виділяється під час згоряння рослинного палива та поглинається під час вирощування цих рослин. У той же час сільськогосподарські культури (буряк, ріпак, пшениця) виділяють значно більше кисню, ніж дикорослі (лугові, пасовища та ліси).

Олійні культури включають понад 150 олійних рослин, вирощених у всьому світі. Олійні рослини «виробляють» олію на всіх рівнях: підземний (арахіс), наземний (соя), надземний (ріпак, льон, гірчиця, соняшник), кущі (рицина, бавовник, фундук), на деревах (оливи, бук, пальми). Найбільше промислове значення мають такі види рослинних олій: бобова (соєва), ріпакова, соняшникова, пальмова, кукурудзяна, конопляна, кунжутна, лляна, макова, бавовняна, мигдальна.

В основному в ЄС для виробництва біопалива використовується ріпакова олія. Як наслідок, протягом останнього десятиліття попит і ціни на ріпак не знижувалися відповідно, а його виробництво зростає, при цьому світове виробництво ріпаку у 2017 році досягло 46,5 мільйонів тон (порівняно з 1985 р. – 19 мільйонів тон). За часткою світового виробництва олії ця культура посідає третє місце – після сої та бавовни, і випереджає соняшник. Крім ріпаку, для виробництва біопалива можна використовувати й інші олійні культури. Основним фактором відбору сировини є географічні та кліматичні умови, властиві території країни походження, які є оптимальними для вирощування окремих олійних культур [18].

В останні роки олія рижію активно досліджується і успішно використовується в США та Канаді. Мексика використовує пальмову олію та олію ятрофи (вважається бур'яном, який росте на найбільш бідних ґрунтах) для виробництва біопалива. Основною сировиною в азіатських країнах, таких як Індонезія, Філіппіни і Малайзія є пальмова олія, на Філіппінах – кокосова олія, в Індії – ятрофа; в африканських країнах – соя, ятрофа; в Бразилії – касторова олія [18].

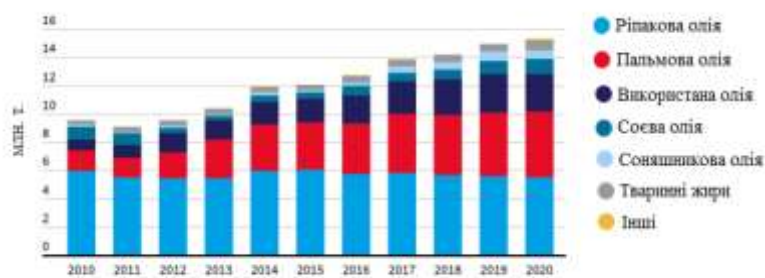


Рис. 2.3. Сировина для виробництва біодизельного палива в Європі (OILWORLD, 2021) [19]

На графіку (рис. 2.3) показано зміну обсягів виробництва біодизельного палива в ЄС та суміші сировини. З 2019 по 2020 роки різниця в обсягах пальмової, ріпакової та використаної олії незначна, але збільшення сої на 17%, тваринних жирів на 29%.

Рослинні олії, головним чином ріпакова, пальмова та соєва олія, все частіше використовуються в енергетичних цілях (наприклад, як транспортне біопаливо, опалення, виробництво електроенергії тощо), ніж для неенергетичного використання (тобто в харчових продуктах). Це особливо тривожно для імпортованої пальмової олії споживання якої для неенергетичного використання (в основному для харчових продуктів) зменшувалося протягом десятиліття (з 3 млн. т. у 2011 році до 2,3 млн. т. у 2020 році), тоді як використання енергії (в основному для біодизельного палива) з 2011 року зросло втричі до 5,8 млн. т. у 2020 р. Порівнюючи останні два роки, загальна кількість імпортованої пальмової олії залишилася майже незмінною, але трохи більше пальмової олії було спрямовано на енергетику, ніж на харчову промисловість. Є невелике збільшення (з 69% у 2019 році до 71% у 2020 році) частки пальмової олії, яка використовується для виробництва енергії в ЄС. Це вказує на те, що неенергетичний сектор зменшив споживання пальмової олії.

Використання соєвої олії в енергетиці коливалося протягом останнього десятиліття (з зафіксованим мінімумом 0,3 млн. тон у 2013 р.), але з тенденцією до зростання. Зокрема, частка у виробництві енергії стала стабільно збільшуватися з 2018 року. Абсолютні обсяги соєвої олії в енергетиці зросли з 0,7 млн. т у 2018 році (34% від загального обсягу) до 1,1 млн т у 2020 році (44% від загального обсягу) виключно через збільшення соєвого біодизеля.

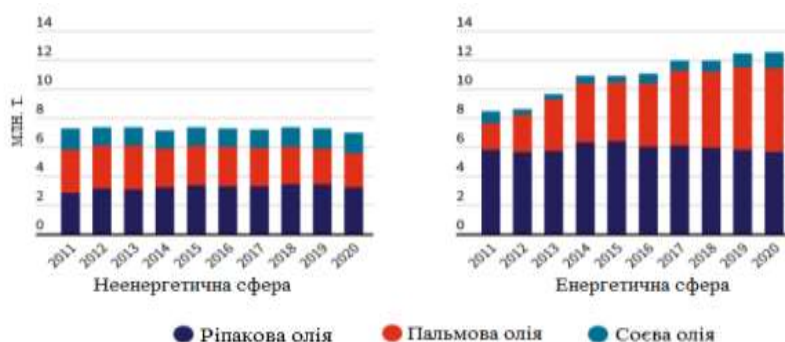


Рис. 2.4. Тенденції використання пальмової, ріпакової та соєвої олії в Європі [19]

Уже багато років основним напрямком використання ріпакової олії є використання енергії. Розглянувши графік 2.4, можемо зробити висновки, що обсяги і тенденції використання ріпаку як в енергетичних, так і в неенергетичних сферах були досить постійними протягом десятиліття, порівняно з іншими рослинними оліями. Майже 80% ріпакової олії надходить зсередини Європи [19].

2.3.1. Пальмова олія

У 2020 році Європа імпортувала 8,1 млн. т. пальмової олії, з якої 58% було використано у виробництві біодизельного палива. Орієнтовна кількість пальмової олії, що використовується для біодизельного палива, у 2020 році дещо зросла на 4,4% (4,5 Мт до 4,7 Мт) порівняно з 2019 роком, тоді як загальне споживання пальмової олії залишилося майже на тому ж рівні. За останні 5 років загальне споживання пальмової олії зросло на 13% (з 2016 по 2020 рр.), а зокрема, обсяги виробництва біодизельного палива зросли на 30%. У 2020 році біодизель з пальмової олії становив 31% від загального виробництва біодизельного палива в ЄС, порівняно з 30% у 2019 році. Імпортована пальмова олія містить не тільки пальмову олію, а й дистилат пальмових жирних кислот (PFAD). PFAD є побічним продуктом промисловості пальмової олії, яку можна використовувати як сировину в інших галузях, таких як олеохімічна, косметична та як корм. Близько 0,5 млн. т. загального імпорту пальмової олії становить PFAD з Індонезії. У 2019 році, Іспанія була найбільшим виробником біодизельного палива з пальмової олії з використанням 1,7 млн. т. (збільшення обсягу на 3,6 % у порівнянні з 2019 р.), за якою слідують Нідерланди (1,5 млн. т., скорочення на 6%) та Італія (1,4 млн. т. – збільшення обсягу на 14%) у 2020 році [19].

2.3.2. Соєва олія

У 2020 році Європа спожила близько 2,5 млн. т. соєвої олії, що на 4,7% більше, ніж у 2019 році. Як і пальмова олія, частка біодизеля в загальному обсязі соєвої олії зросла з 39% до 43%, а абсолютний обсяг соєвої олії використання у виробництві біодизельного палива зросло на 17% (0,9 млн. т. до 1,1 млн. т.). У 2020 році соєве біодизельне паливо становило 7% виробництва біодизеля в ЄС, що є незначним збільшенням з 6% у попередньому році. Розширення сої прямо чи опосередковано спричиняє вирубку лісів, робить соєвий біодизель вкрай нестійким, з викидами життєвого циклу вдвічі вищими, ніж викопне дизельне паливо [19].

2.3.3. Використана олія (UCO) та тваринні жири

Обсяг UCO для виробництва біодизельного палива зростав протягом останнього десятиліття – майже втричі з 2011 року. Проте, за оцінками Oil World, він зменшився на 4% з 2,7 млн. тон у 2019 році до 2,6 млн. тон у 2020 році, і це близько 17% від загального виробництва біодизельного палива в Європі. Незважаючи на те, що для UCO, що постачається на транспорті для енергоносіїв, існує обмеження в 1,7%, країни можуть подати запит на відступ від цього обмеження. Є кілька побоювань щодо достовірності та простежуваності «використаної» нафти, особливо імпортової. Згідно з торговими даними ООН, ЄС імпортував 1,9 млн. т. UCO з третіх країн, що становить близько 73% від загального споживання UCO в ЄС, призначеного для біодизельного палива. Дуже важко відстежити та перевірити походження всього імпорту, і в Нідерландах триває розслідування щодо підозри у шахрайстві щодо походження імпортованого відпрацьованого масла. Отже, існує потреба в надійному механізмі перевірки та моніторингу для забезпечення стійкості UCO. Лише зовсім недавно група з п'яти країн (Люксембург, Німеччина, Нідерланди, Бельгія та Франція) підписали спільну заяву з проханням покращити державний та приватний нагляд за ланцюжками поставок відновлювального палива.

У 2020 році в Європі було використано загалом 1,2 млн. тон тваринних жирів, що на 10% більше, ніж у 2019 році, і майже 60% з них пішло на виробництво біодизельного палива. Абсолютний обсяг тваринного жиру, що використовується в біодизельному паливі стабільно зростало з 0,3 млн. т. у 2011 році до 0,7 млн. т. у 2020 році. Зокрема, з 2019 по 2020 рік спостерігається збільшення абсолютних обсягів тваринних жирів для виробництва біодизельного палива на 30% [19].

2.3.4. Мікрородорості

Проаналізувавши роботу [20] можемо зазначити, що мікрородорості являються перспективною відновлюваною сировиною для виробництва моторного палива, водорості виробляють більше енергії на акр, ніж інші культури, такі як цукрова тростина, пшениця та кукурудза. З цих причин мікрородорості є біомасою з найбільшим потенціалом як альтернатива дизельному паливу для транспортування без негативного впливу на попит продуктів харчування та інші продукти рослинництва.

В роботах Scott S. A., M. P. Davey, J. S. Dennis [21] зазначається, що існує майже 300 000 видів водоростей з різним вмістом олії та різною швидкістю росту.

Відомо, що мікрородорості подвоюють свою біомасу за день і здатні досягти повного циклу росту за кілька днів, тому вони вважаються у 10-20 разів більш продуктивними, ніж у типові біопаливні культури, такі як соя або цукрова тростина.

В. В. Воробйов [22] зазначив, що ліпіди водоростей і ліпіди олійних культур подібні і обидва містять поліненасичені жирні кислоти. Крім того, вони вказують на те, що вміст жирних кислот у мікрородоростях, які живуть у природних умовах, становить близько 40% від загальної маси, тоді як в умовах культури може досягати 80%.

Таблиця 2.1.

Порівняння різних видів сировини для виробництва біодизельного палива [23]

Сировина	Вміст олії, (% в біомасі на суху вагу)	Врожайність, олії (л/га/рік)	Земельні угіддя, (м ² /рік/кг)	Продуктивність, (кг /рік)
Соеві боби	18	636	18	562
Рапс	41	974	12	862
Соняшник	40	1070	11	946
Пальмова олія	36	5366	2	4747
Рицинова олія	48	1307	9	1156
<i>Мікрободорості</i>	70	136 900	0,1	121 104

Для вибору ефективного виду мікрободоростей для виробництва біопалива враховують об'ємну продуктивність виду. В таблиці 2.1 показано порівняння мікрободоростей з іншими сировинами для виробництва біодизельного палива, тобто вміст олії за сухою масою, врожайність на рік/гектар та ефективність виробництва біодизелю [23].

Наведені дані в таблиці демонструють незаперечні переваги мікрободоростей як найбільш перспективної сировини в порівнянні з іншими. Водорості мають найвищі темпи росту, що робить їх життєздатним джерелом біомаси, що містить переважно ліпідні олії, що забезпечують вищий вихід палива порівняно з іншими видами.

2.4. Біосировина для виробництва біодизельного палива в Україні

В Україні впровадження технології виробництва біодизельного палива з рослинної сировини знаходиться лише на початковому етапі. Повільні темпи розвитку пов'язані з відсутністю попиту населення на біодизельне паливо, слабкою державною підтримкою в цій сфері, браком інформації та недостатнє знання його переваг. Слід підкреслити, що при відповідних інвестиціях та інноваціях, особливо в переробці сільськогосподарської сировини на біопаливо, Україна має явний потенціал для розвитку біоенергетики.

В Україні основною сировиною для виробництва біодизеля вважаються такі культури: ріпак, соняшник, соя та червона квасоля. Крім того, сировинна база для виробництва біодизельного палива в Україні може включати: «сировину»

м'ясокомбінатів (жири тваринного походження), використаний жир, ліпіди мікроводоростей тощо.

Ріпак найчастіше використовується як сировина для виробництва біодизельного палива. Донедавна ріпак займав невелике місце в сівозмінах — сіяли переважно для легкої та харчової промисловості. Сьогодні цю культуру вирощують переважно для експортних цілей. З 2006 по 2016 рік Україна подвоїла експорт ріпаку до Польщі, у 2,3 рази до Німеччини та понад 200 разів до Франції. Як наслідок, Україна була аутсайдером у використанні біопалива.

Завдяки родючій землі та величезному рослинному потенціалу Україна може виробляти необхідне країні рідке біопаливо. Оскільки ріпак майже не містить радіонуклідів і важких металів (майже всі вони містяться в стеблі), ріпак можна вирощувати в Україні, де сільськогосподарське використання тимчасово заборонено через Чорнобильську катастрофу, та в інших зонах забруднення навколишнього середовища для отримання енергетичних цілей [16].

Україна має необхідні умови для виробництва рідкого біопалива за земельними ресурсами, потенціалом рослин та власними виробничими потужностями. Річний енергетичний потенціал української біодизельної технології становить 620 тис. т. н. е. [24]. Найбільший потенціал біодизельного палива зосереджений у Одеській, Вінницькій, Львівській, Хмельницькій, Тернопільській областях з виробництвом понад 260 тис. т. н. е./рік (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Потенціал виробництва рідких біопалив з біомаси в Україні

2.5. Залежність від імпортової сировини та імпортного біодизеля

Значна частина сировини для виробництва біодизельного палива в ЄС надходить за рахунок імпорту. На рисунку 2.6 показано імпортне походження пальми, сої та USO в Європі у 2020 році. Майже 82% потреби в пальмовій олії забезпечують країни Південно-Східної Азії, а саме Індонезія (50%), Малайзія (26%) і Папуа-Нова Гвінея (6 %). Близько 12% індонезійського імпорту складається з PFAD.

У 2020 році ЄС імпортував 1,9 млн. т. USO (це 73% від загальної кількості використаного USO у виробництві біодизельного палива), і, як і пальмова олія, більша частина (46%) надходила з азіатських країн, таких як Малайзія (20%), Китай (15%) та Індонезії (11%). Обсяги імпорту USO зросли на 13,5% (1,67 млн т) порівняно з 2019 роком. Також у 2019 році Китай вніс найбільшу частку імпорту близько 32%. Близько половини споживаної в ЄС соєвої олії (0,46 млн. т. з 1,1 млн. т.) імпортується з третіх країн, але переважно з сусідніх європейських країн, які не входять до союзу. Україна (39%), Сербія (16%) і Норвегія (15%) зробили найбільший внесок, а обсяги імпорту за походженням були досить постійними з 2019 по 2020 рік.

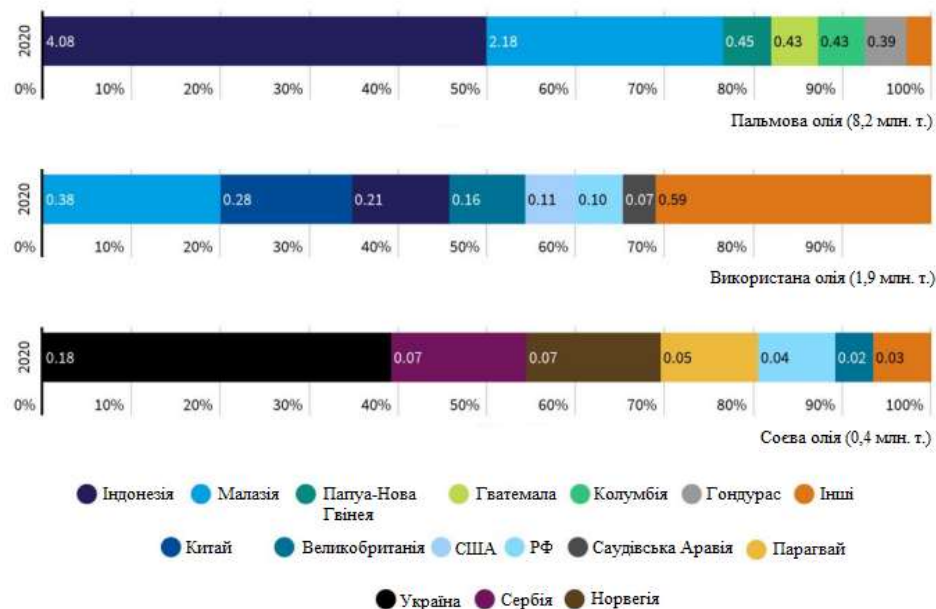


Рис. 2.6. Імпорт пальмової, соєвої та використаної олії за країнами походження

Окрім збільшення виробництва, ЄС щороку імпортує величезну кількість очищеного біопалива з третіх країн. На рисунку 2.7 показано обсяги та походження імпортованого біодизельного палива. Починаючи з 2018 року спостерігається явний сплеск імпортованого біодизельного палива (з 2017 року він зріс майже втричі), що пов'язано головним чином із скасуванням антидемпінгових мит на біодизельне паливо ЄС щодо Аргентини та Індонезії. Світова організація торгівлі (СОТ) змусила ЄС знизити антидемпінгове мито наприкінці 2017 року. Проте з 2018 р. щороку спостерігалось незначне скорочення імпорту. Обсяг імпорту зріс з 3,18 млн. т. у 2019 році до 2,72 млн. т. у 2020 році, що становить 15% скорочення [19].

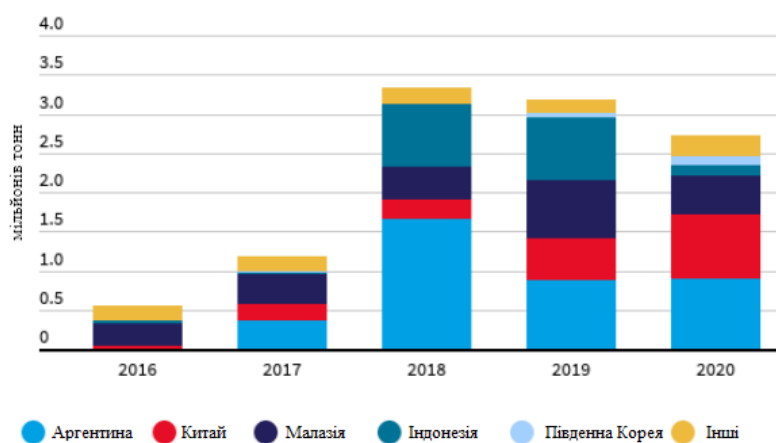


Рис. 2.7. Обсяги та походження імпортованого біодизельного палива

З 2018 року найбільша частка імпорту біодизельного палива надходила з Аргентини, за нею йдуть Індонезія, Китай та Малайзія. У 2020 році лише Аргентина та Китай забезпечили майже дві третини імпорту ЄС. Дивно, але в 2020 р. частка Малайзії та Індонезії значно скоротилася, тоді як в ЄС імпорт з Китаю збільшився майже вдвічі.

2.6. Висновки по розділу

1. Проаналізовано сировинну базу для отримання біодизельного палива, їх особливості, перспективи використання. Показано, що доцільною сировиною для виготовлення біодизельного палива є рослинні олії, тваринні жири, рідше – ефірні олії різних рослин чи водоростей, відпрацьована олія та інші доступні види жировмісної сировини.

2. Визначено перспективні технології виробництва альтернативного авіаційного палива: технологія CtL; технологією GtL; процес MtSynfuels; технологія EtK; технологія BTL; HVO; технологія виробництва біокеросину.

3. Проаналізовано основні технології виробництва біодизельного палива: циклічна з використанням лужних каталізаторів; безкаталізаторна циклічна (з використанням розчинника, зазвичай тетрагідрофурану); багатореакторна безперервна. Визначено характеристики, недоліки і переваги кожної з представлених технологій.

4. За результатами огляду сировини, яка вирощується на українських землях було визначено, що в Україні основною сировиною для виробництва біодизельного палива вважаються такі культури: ріпак, соняшник, соя та червона квасоля. Крім того, сировинна база для виробництва біодизельного палива в Україні може включати: «сировину» м'ясокомбінатів (жири тваринного походження), використаний жир, ліпіди мікродоростей тощо.

5. Визначено, що Україна має необхідні умови для виробництва рідкого біопалива за земельними ресурсами, потенціалом рослин та власними виробничими

потужностями. Найбільший потенціал біодизельного палива зосереджений у Одеській, Вінницькій, Львівській, Хмельницькій, Тернопільській областях.

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА В УКРАЇНІ

Розвиток біопалива в Україні є актуальним завданням через велику кількість факторів. По-перше, виробництво та споживання біопалива може забезпечити сільське господарство власними енергоресурсами та знизити витрати на виробництво паливних ресурсів. Окрім цього, однією з вимог ЄС до країн-кандидатів є те, щоб рівень використання відновлюваної енергії був не нижче середньоєвропейського [25].

По-друге, Україна має величезний потенціал біомаси для виробництва енергії загалом і рідкого біопалива зокрема. За даними Мінекономіки, на сільськогосподарську продукцію припадає 48 відсотків загального експорту України. Основну частку експорту сільськогосподарської продукції становлять зернові – 48 відсотків та олійні культури – 23 відсотки. Натомість пропонується перепрофілювати частину експорту сировини для виробництва біопалива.

По-третє, світовий досвід свідчить, що виробництво біопалива є вигідною можливістю для економіки кожної країни, створення нових робочих місць не тільки в сільській місцевості, а й у промислових центрах, покращення екологічних умов країн, регіонів тощо. За словами М. Габреля, біопаливо створює 16 робочих місць на 1000 тон нафтового еквівалента, переважно в сільській місцевості, кожен відсоток біопалива в загальному споживанні палива створить від 45 до 75 тис. нових робочих місць у сільській місцевості, можливості працевлаштування [26].

Проаналізуємо більш детально сучасний потенціал виробництва біодизельного палива в Україні.

3.1. SWOT-аналіз розвитку галузі виробництва біодизельного палива в Україні

Для реалізації будь-якого виробництва необхідно оцінити всі загрози та переваги такого виробництва порівняно з існуючим.

Тому було проведено SWOT-аналіз розвитку галузі виробництва біодизельного палива в Україні, оцінивши сильні, а також слабкості сторони, можливості та загрози такого виробництва (табл. 3.1).

Отримана матриця SWOT-аналізу дозволяє відтворити сильні та слабкі сторони майбутнього виробництва біодизельного палива в Україні, а також загрози та можливості, які чекають на потенційних виробників.

Україна визначила свою стратегічну мету – розвиток сільського господарства. Проте вона стикається з гострою конкуренцією на аграрному ринку та обмеженими фінансовими ресурсами. Сектор біопалива відкриває потенціал для розвитку національного сільського господарства та підвищення її енергетичної незалежності. Тим часом Україна є єдиним сильним сільськогосподарським виробником, у якого виробництво біопалива скоротилося з 2010 року [27, 28].

У 2012 році Україна прийняла Закон про альтернативне паливо, перший закон, який офіційно регулює виробництво біопалива. Згідно із законом, обов'язковий вміст біопалива в нафтовому паливі становив 5% у 2014-2015 роках і 7% у 2016 році. Проте 12 лютого 2015 року Верховна Рада України скасувала вимогу щодо обов'язкового вмісту біопалива. У той час держава не мала ні інфраструктури для змішування біопалива, ні національної системи контролю за дотриманням вимог. У 2017 році уряд затвердив Енергетичну стратегію України до 2035 року, яка спрямована на забезпечення 11,5% первинного енергопостачання країни за рахунок біомаси, біопалива та відходів [29].

Загалом Україна має достатню кількість переваг в сфері виробництва біодизельного палива. Можемо зазначити, в першу чергу, велику площу сільськогосподарських угідь, а саме 42,7 мільйонів гектар. Маємо високий науковий та інтелектуальний потенціал: 25245 аспірантів та 1,266 мільйонів студентів у 281 університетах у 2020 році, з яких отримуємо висококваліфікованих працівників. Також, маємо велику привілегію у розташуванні заводів: мають хороший доступ до доріг, залізничного та водного транспорту: 20 952 км діючих залізничних ліній; 1569 км судноплавних річок; 169500 км автомобільних доріг.

Але потрібно звернути увагу і до слабких сторін виробництва біодизельного палива – це недостатня кількість фінансових ресурсів та капітальних вкладень, погане поширення інформації про переваги біоенергії. Також, маємо низький рівень інновацій: Україна посідає 45 місце у рейтингу країн за індексом інновацій. Крім того, можлива деградація земельних та водних ресурсів, спричинена інтенсивною обробкою.

З можливостями і загрозами при виготовленні біодизельного палива в Україні можемо ознайомитися в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

SWOT-аналіз розвитку галузі виробництва біодизельного палива в Україні

Сильні сторони	Слабкі сторони
<p>С1. Порівняно низька конкуренція в галузі; С2. Велика кількість відходів та зернових культур, що є сировинною базою; С3. Відносно низька вартість сировини для біомаси на місцевих ринках; С4. Екологічні властивості; С5. Високий науковий та інтелектуальний потенціал; С5. Ухвалено Закон про додавання біоетанолу в бензин, який підтримує внутрішнє споживання біопалива; С6. Податкові пільги для виробників біопалива та біоенергії; С7. Невисока вартість людських ресурсів.</p>	<p>Сл1. Недостатня кількість фінансових ресурсів та капітальних вкладень; Сл2. Значні початкові інвестиції; Сл3. Низький рівень інновацій; Сл4. Сезонний дефіцит постачання сировини для виробництва біомаси; Сл5. Висока вартість транспортування та логістичних послуг; Сл6. Слабо розвинена інфраструктура біопалива; Сл7. Можливе підвищення цін на сировину у зв'язку зі зростанням попиту, що перетворює біопаливо на менш конкурентоспроможне; Сл8. Погане поширення інформації про переваги біоенергії; Сл9. Значні обсяги продуктів біомаси експортуються як сировина, а не як кінцевий продукт біоенергії або біопалива; Сл10. Деградація земельних та водних ресурсів, спричинена інтенсивною обробкою.</p>
Можливості	Загрози/небезпеки
<p>М1. Високий рівень зовнішнього ринку та внутрішнього ринку, що розвивається, піднімають попит на біоенергетичну промисловість; М2. Збільшення врожайності сільськогосподарських культур; М3. Експортування сертифікованої сировини на зовнішні ринки;</p>	<p>З1. Відсутність державної підтримки; З2. Відсутність інтересу кінцевих користувачів; З2. Не є достатньо конкурентоспроможними по відношенню до традиційних видів палив; З3. Надання переваги традиційним нафтовим видам палива; З4. Політична та соціальна нестабільність; З5. Корупція: Україна знаходиться на 117 місці</p>

<p>М4. Введення у виробництво земель, що не обробляються; М5. Створення нових робочих місць; М6. Сприяння розвитку сільських територій; М7. Поліпшення енергетичної безпеки: Україна імпортує понад 80% нафтових палив.</p>	<p>зі 180 країн у рейтингу корумпованості країн.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------

3.2. Український експорт олійних культур і олій

Український експорт плодів олійних культур і насіння у 2021 році становить 2,4 мільярда доларів, що на 33% більше, ніж у 2020 році.

Згідно аналітичних даних кандидата економічних наук Богдана Духницького, старшого наукового співробітника відділу економіки агропромислового виробництва та міжнародної інтеграції Національного наукового центру "Інститут економіки сільського господарства" [30], варто відзначити, що у 2021 році зовнішні поставки олійних культур впали на 11% – до 3,9 млн. тон. Експорт ріпаку зріс з 2,4 млн. тон у 2020 році до 2,7 млн. тон у 2021 році. Зовнішні продажі сої впали на 700 тис. тон – до 1,1 млн. тон.

Як і в попередні роки, основними покупцями українських олійних культур та олії у 2021 році є Азія та Європа.

Четвертий рік поспіль Німеччина лідирує серед українських імпортерів олійних культур, купуючи майже чверть (23,9%) українського експорту цього виду сільськогосподарської продукції.



Рис. 3.1. Лідери-імпортери українських олійних культур

Друге місце посіла Бельгія з часткою 9,5%, витіснивши Туреччину (7,7%), яка опустилася на п'яте місце. Нідерланди (8,1%) піднялися на одне місце, зрівнявшись на третьому місці з Пакистаном (8,1%), який рік тому не був включений до рейтингу. Далі йдуть Франція (6,9%), Велика Британія (6,7%) і Білорусь (6,2%) (рис. 3.1).

Ці вісім країн забезпечують Україні понад 77% експортної виручки від усіх іноземних поставок олійних культур.

Крім того, експорт соєвої олії в 2021 році зменшився – 241 тис. тон, а експорт ріпакової збільшився – 166 тис. тон.

У групі олій і жирів вирішальним товаром для експортного ринку залишається вітчизняна соняшникова олія. Експорт з України в 2021 році складав 5,1 млн. тон, що на 26% менше, ніж рекордні 6,9 млн. тон у 2020 році, а продаж соняшникової олії складав 6,4 млрд. доларів, що на 21% більше, ніж у попередньому році [30].

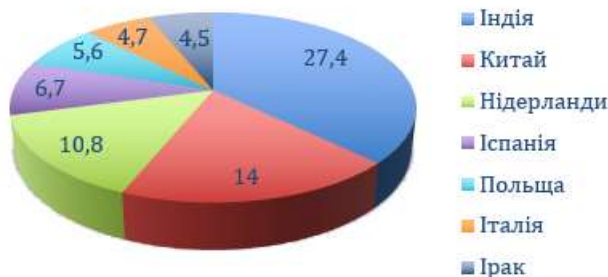


Рис. 3.2. Лідери-імпортери українських олій

Найбільший попит на українську олію в 2021 році традиційно надходить з Індії (27,4%). Закордонні поставки сільськогосподарської продукції, до таких країн як Китай (14%) та Нідерланди (10,8%), є значними. Інші важливі країни – вітчизняні імпортери олії – істотно програють їм: Іспанія (6,7%), Польща (5,6%), Італія (4,7%) та Ірак (4,5%) (рис. 3.2).

3.3. Технологія виробництва біодизельного палива в Україні

Вибір технології виробництва біодизельного палива залежить від бажаного виходу, якості та виду сировини, способу очищення від спирту та каталізатора. Для

невеликих заводів (від 500 до 5000 т/рік), які використовують низькоякісну сировину, найбільш прийнятний простий метод переробки – циклічна технологія з використанням каталізаторів. Для масового виробництва біодизельного палива (більше 5000 тон біодизельного палива на рік) підходить багатореакторна безперервна технологія, яка пред'являє більш жорсткі вимоги до якості сировини.

3.3.1. Циклічна каталітична схема виробництва біодизельного палива

Простим методом отримання метилових ефірів жирних кислот є циклічний метод (рис. 3.3), заснований на переетерифікації тригліцеридів рослинних олій метанолом з використанням кислотних або лужних каталізаторів.

Процес отримання біодизельного палива з олії не є складним. В олію, яка була очищена від механічних домішок додають метанол і луг (каталізатор). Далі суміш нагрівають до 60°C і відстоюють, після цього рідина розділяється на дві фракції: легку і важку. Важкою фракцією є гліцерин, а легкою – метиловий ефір або біодизельне паливо. Молекулярний склад біодизельного палива дуже близький до дизельного. Підраховано, що на тонну ріпаку можна видобути 300 кілограмів (30%) ріпакової олії, а з цієї кількості олії можна видобути близько 270 кілограмів біодизельного палива. Вихід гліцерину перевищує 10%.



Рис. 3.3. Циклічна каталітична схема виробництва біодизельного палива [31]

Перевага технології з використанням каталізаторів полягає в тому, що процес є відносно простим, а отже, вартість технологічного маршруту є відносно низькою.

До недоліків можна віднести низький вихід метилового ефіру від загальної маси біодизеля та тривалий час реакції переетерифікації (від 20 хвилин до кількох годин). Але ця універсальна і проста технологія не вимагає великих витрат і може бути використана для дрібносерійного виробництва (450-900 тон біодизельного палива на рік).

3.3.2. Виробництво біодизельного палива із використання розчинників

Для підвищення розчинності спиртів у рослинних оліях додають розчинники. Однією з таких технологій є так званий процес Віох (рис. 3.4). При використанні цієї технології додають тетрагідрофуран для розчинення метанолу. В результаті час реакції скорочується до 5-10 хвилин і не потрібен каталізатор. І для реакції не потрібна висока температура, достатньо 30°C.

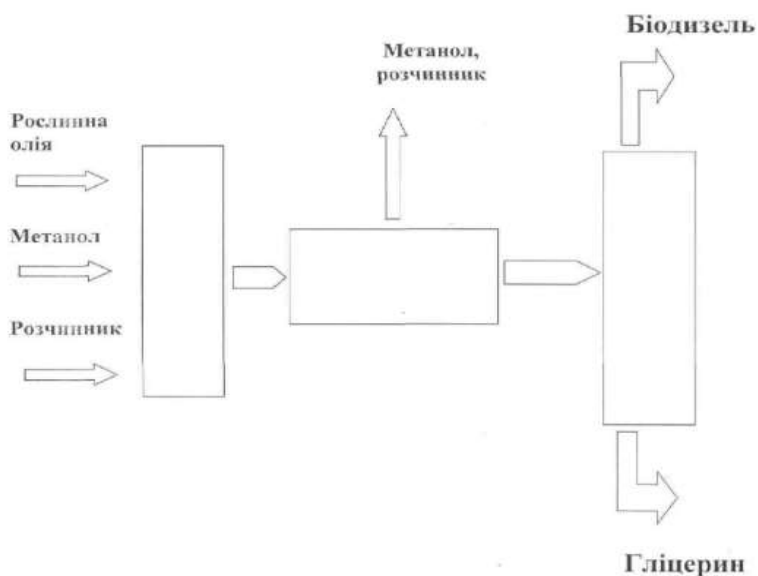


Рис. 3.4. Схема технології виробництва біодизельного палива із використання розчинників (Віох-процес) [31]

Переваги технології з використанням розчинників включають швидку реакцію, відсутність каталізатора та води в кінцевому продукті (біодизельному

паливі і гліцерині), низьку температуру реакції та легке видалення розчинника і метанолу.

Недоліком можна назвати необхідність використання дорогих розчинників, потреба додаткового обладнання для використання розчинника, а також висока агресивність розчинника до атмосферного повітря.

3.3.3. Багатореакторна безперервна технологія виробництва біодизеля

Багатореакторна безперервна технологія використовує декілька реакторів, з'єднаних у ланцюг, що робить процес виробництва біодизеля безперервним (рис. 3.5). Тому час реакції невеликий (6-10 хвилин), а вихід метилового ефіру досягає 98% від загальної маси отриманого біодизельного палива. При цьому технологічний потік є складнішим, більш чутливим до якості вихідної сировини, а відповідне обладнання технологічної лінії також дорожче.

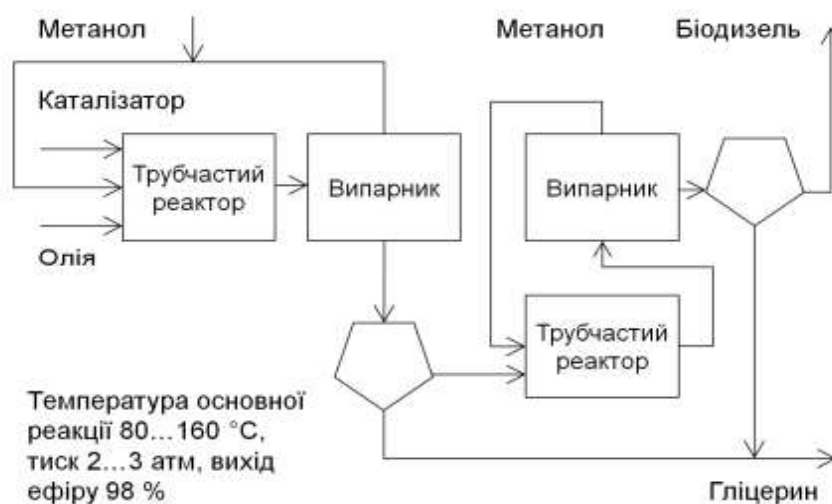


Рис. 3.5. Багатореакторна безперервна схема виробництва біодизеля [31]

Вагомою проблемою виробництва біодизельного палива в Україні є відсутність стабільної сировинної бази.

Для забезпечення завантаження біодизельного заводу з річною продуктивністю 60 тис. тон необхідно виділити не менше 90 тис. га посівних площ (з урожайністю 2 т/га).

Аналіз матеріалів обстеження сільськогосподарських підприємств, що виробляють біодизельне паливо, показує, що основною технологією, яка найчастіше пропонується та використовується для виробництва біодизеля, є циклічна технологія з використанням каталізаторів.

3.4. Техніко-економічне обґрунтування виробництва біодизельного палива в Україні

В Україні створені всі необхідні умови для виробництва рідкого біопалива: розвинене тваринництво, рослинництво, переробна промисловість, наявність великих земельних ресурсів, технічний і професійний потенціал. Якщо виконати підрахунок всіх технічних олійних культур, які експортується Україною та використовується в інших країнах для виробництва біодизельного палива, то можна виробляти близько 2 мільйонів тон палива на рік. У той же час потенціалу достатньо, щоб замінити весь традиційний дизель на ринку.

Ми маємо 14 великих біодизельних заводів загальною потужністю 300 тисяч тон/рік. Однак ці заводи фактично простоюють. Є ще близько 50 менших компаній, які виробляють до 25 000 тон біодизельного палива на рік [32].

В Україні біодизельне паливо зазвичай виробляють індивідуально фермерськими господарствами і використовують для власних потреб. Можемо зазначити, що фермерське, і промислове виробництво – це нормально і рентабельно. Вартість обладнання залежить від виробничих потужностей, сировини і починається від десятків тисяч гривень.

Вартість біопалива значною мірою залежить від сировини, врожайності, ціни на електроенергію, логістики, податків на нафтопродукти тощо. Попит на таке паливо буде стабільним, якщо на законодавчому рівні прийняти положення про обов'язкову частку біопалива в загальному обсязі рідкого палива. Економічно доцільно стане виробляти біопаливо не лише як резерв на фермах, а й для продажу на ринку.

Економічний аналіз питання виробництва та використання ріпакового біодизельного палива показує, що якщо вирощувати ріпак тільки для біопалива, то

воно буде коштувати в 2-2,5 рази дорожче у порівнянні з традиційним дизельним паливом. Однак, використання ріпакового біодизельного палива економічно доцільно, якщо використовується вся ріпакова продукція: шрот (на корм чи на продаж), солома (на підстилку та пічне паливо), гліцерин (який має світову вартість близько 900 доларів США/т) [33].

Загалом, високі ціни на нафту, підвищення екологічних вимог до пального та скорочення викидів CO₂ зробили витрати на виробництво біопалива співставною з витратами на виробництво традиційного палива, про що свідчить зростання світового виробництва. Плюс до всього, в Україні зараз у центрі уваги є питання енергетичної безпеки щодо поставок палива на ринок. Але біопаливо – це завжди питання часу.

3.4.1. Виготовлення біодизельного палива у невеликих об'ємах для власного споживання

Процес отримання біодизеля в невеликих об'ємах дуже простий (рис. 3.6). Все, що потребується – масло, спирт і каталізатор. Технологія полягає в тому, що з олії потрібно витіснити гліцерин і замінити його спиртом.

Взагалі для виробництва біодизельного палива звичайно використовуються спеціальні установки, але для невеликих об'ємах його можна виготовити самостійно. Говорити про великий дохід з такого виробництва навряд чи доцільно.



Рис. 3.6. Схема виготовлення біодизельного палива власноруч у невеликих об'ємах

Щоб отримати 1000 кг (1136 л) біодизельного палива, потрібно 50 кВт теплової і 25 кВт електричної енергії. Витрата сировини: рапсової олії 1040 кг (1143 л); 144 кг (114 л) 99,8% метанолу (повинен бути в надлишку); 19 кг 88% їдкого калію (KOH); 6 кг допоміжного фільтрувального матеріалу; 105 кг води.

Крім кінцевого продукту отримують 117 кг спрацьованої води і 200 кг сирого гліцерину для використання в фармацевтичній і косметичній і промисловості.

Таке виробництво біодизельного палива в Україні не вирішить паливну кризу. Проте виробництво цього біопалива може замінити майже третину імпортного дизельного палива. Крім того, це додатковий варіант вирішення питання «куди використовувати сільськогосподарську продукцію, коли можливості експорту обмежені» [32].

3.5. Рекомендації щодо інтенсифікації розвитку виробництва біодизельного палива в Україні

В Україні все більше популярності набуває зацікавленість альтернативним паливом автомобілістами. І зрозуміло чому, бо заповнюючи бензобак автомобіля екологічно чистим біопаливом, водії не тільки можуть зекономити гроші, а й, що ще важливіше, подбати про довкілля.

На цьому тлі деякі підприємці розглядають можливість виробництва та реалізації біодизельного палива через потенційну перспективність та прибутковість такого бізнесу в майбутньому.

Виробництво та продаж біопалива в Україні регулюється низкою законодавчих актів.

По-перше, для реалізації підприємства з виготовлення біопалива потрібна ліцензія. Зокрема, статтею 9 Закону України «Про ліцензії на провадження певних видів господарської діяльності» визначено, що для реалізації рідкого палива з біогазу та біомаси необхідно отримувати примусову ліцензію. Такі ліцензії видає Національна комісія регулювання енергетики.

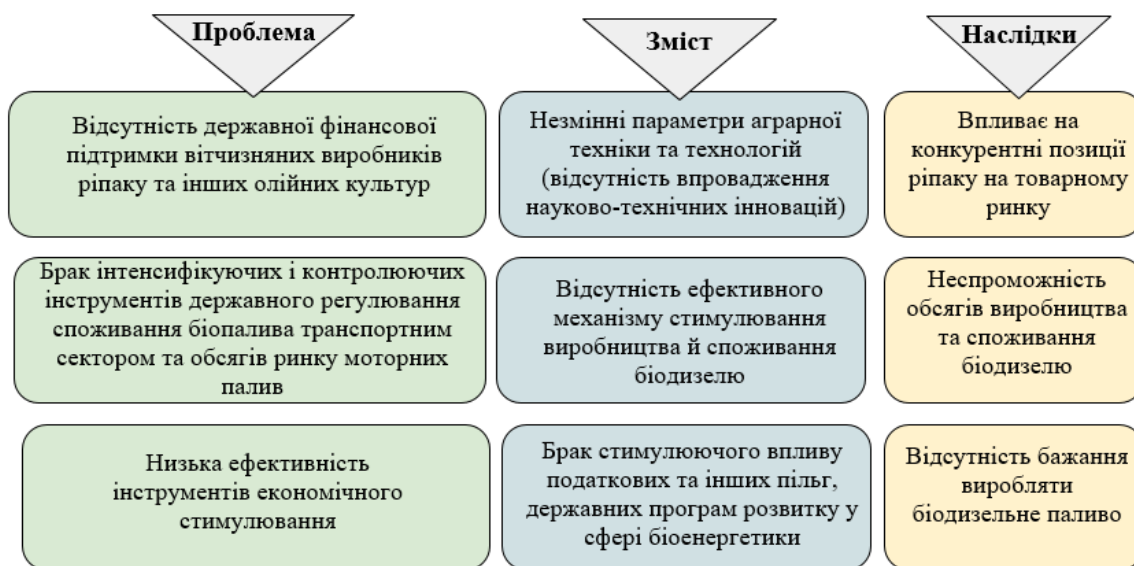
По-друге, біопаливо, що реалізується як товарна продукція, за законом має проходити обов'язкову сертифікацію.

По-третє, українським законом «Про альтернативні види палива» визначено, що паливо є альтернативним після виданого уповноваженим органом виконавчої влади ідентифікуючого документу, у порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України.

Тому, якщо виробник хоче продати біопаливо, яке він виробляє, він повинен отримати свідоцтво про належність палива до альтернативного. Усі ці документи, що підтверджують якість біопалива і те, що воно дійсно є біопаливом, повинні бути представлені виробником за першим запитом покупця.

Однак на цьому необхідні ліцензії не закінчуються. Фактично, одним з основних компонентів біопалива є біоетанол, на його виробництво також потрібна окрема ліцензія.

Проблеми з якими може зіштовхнутись український підприємець при реалізації та розвитку свого виробництва з виготовлення біодизельного палива



наведено на рисунку 3.7 [1, 34].

Рис. 3.7. Проблеми, їх зміст і наслідки з якими може зіштовхнутись український підприємець

Для досягнення сталого розвитку біопаливної промисловості Україні потрібен узгоджений і систематичний план дій на не менше десяти років. Доцільними є такі комплексні кроки в цьому напрямку [31]:

1. Податкова підтримка:

– запровадити податки, щоб стимулювати виробників змішувати звичайне паливо з біопаливом. Стягувати його за кожен літр проданого палива. Цей податок не сплачується, у випадку якщо дистриб'ютори демонструють наявність фіксованого відсотка біологічних добавок у паливі, яке вони постачають;

– повне звільнення від оподаткування біопаливних заводів приблизно на десять років;

– забезпечити використання біопалива обов'язковим шляхом встановлення спеціальної системи штрафних санкцій за порушення цієї вимоги;

– диверсифікувати ставки акцизного податку відповідно до частки біологічних добавок. Спочатку ці переваги повинні стосуватися сумішей з вмістом біопалива 2-5%, а потім поступово переходити на суміші з пропорціями 5-10% і вище;

– забезпечити значні податкові пільги для постачальників високоякісного біопалива та розпочати масове виробництво;

– розробити план «Еко-Україна» для сприяння розвитку ринку біодизельного палива.

2. Надати та вдосконалити такі програми безкоштовно:

– отримання сертифікату, який підтверджує, що паливо є альтернативним;

– одержання сертифікату, що сировина, яка використовується для виробництва біодизельного палива, відповідає світовим стандартам якості;

– сертифікація сировини для виробництва біодизельного палива тощо.

3. Регіональний розвиток:

– створити тендерну систему, за якою виробники біодизельного палива зможуть отримати офіційні довгострокові сертифікати (на п'ять років) на постачання біопалива за державним замовленням;

– надавати безпроцентні кредити або кредитні субсидії з мінімальними процентними ставками для розвитку виробничих потужностей бідних регіонів;

– створити план для кожного регіону для отримання найкращих (з точки зору економічної та енергетичної ефективності, збереження ґрунту та води) урожаїв.

4. Розвиток інфраструктури:

– створити інфраструктуру, яка надасть можливість збирання біосировини та її транспортування;

– забезпечити постійне постачання енергетичної сировини на підприємства за формою збирання, терміном збирання, видом зібраного матеріалу, стадією зрілості, умовами навколишнього середовища, географією та використанням переробки;

– інтегрувати транспортування біопалива в існуючу транспортну інфраструктуру.

5. Екологічна раціональність:

– створити стратегії екологічно безпечного землекористування з урахуванням регіональних кліматичних, екологічних, соціально-економічних особливостей;

– створити та прийняти земельне законодавство, яке чітко визначає землю для вирощування сільськогосподарських культур, щоб запобігти ерозії ґрунту та полегшити його відновлення після використання;

– заохочувати застосування біодизельного палива. Наприклад, безкоштовна парковка або інші додаткові переваги використання екологічно чистого транспортного засобу.

3.6. Висновки по розділу

1. Проведено SWOT-аналіз розвитку галузі виробництва біодизельного палива в Україні, який дозволив оцінити перспективи впровадження цього виробництва, охоплюючи не тільки сильні та слабкі сторони, але й можливості та загрози, зокрема необхідні інвестиції у наукові дослідження і програми селекції, які спрямовані на розвиток високопродуктивних культур; стимули для залучення у виробництво необроблюваних земель (наприклад, звільнення від податків та позики під низькі відсотки); інвестиції в інфраструктуру біопалива; створення Національної агенції з біопалива.

2. Визначено лідерів-імпортерів українських олійних культур, які забезпечують Україні понад 77% експортної виручки від усіх іноземних поставок – Німеччина (23,9%), Бельгія (9,5%), Туреччина (7,7%), Нідерланди (8,1%) Пакистан (8,1%), Франція (6,9%), Велика Британія (6,7%) і Білорусь (6,2%). А найбільший попит на українську олію надходить з Індії (27,4%), Китаю (14%), Нідерландів (10,8%), Іспанії (6,7%), Польщі (5,6%), Італії (4,7%) та Іраку (4,5%).

3. Проаналізувавши український експорт олійних культур і олій показав, що Україна має достатню сировинну базу для виготовлення якісного і перспективного біопалива власного виробництва.

3. Проведено аналіз технологій виробництва біодизельного палива та визначено, що для виготовлення біодизельного палива в Україні найпопулярнішою і перспективною являється циклічна технологія з використанням каталізатора. Вона забезпечує від 500 до 5000 т/рік вихідної сировини, застосовується для невеликих заводів.

4. Визначено, що в Україні біодизельне паливо зазвичай виробляють індивідуально фермерськими господарствами і використовують для власних потреб. Наведені розрахунки кількості вхідної сировини для виготовлення 1000 л біодизельного палива. І описана технологія для виготовлення біодизельного палива власноруч.

5. Описано низка законодавчих актів за якими регулюється продаж біопалива в Україні. Також, описано з якими проблемами може зіштовхнутись підприємець при реалізації та розвитку свого виробництва з виготовлення біодизельного палива.

6. Запропоновані рекомендації щодо розвитку біодизельного палива в Україні. Основні кроки, які будуть доцільними в цьому напрямку: податкова підтримка; надання безкоштовно та вдосконалення сертифікатів якості продукції, сировини тощо; регіональний розвиток; розвиток інфраструктури; екологічна раціональність.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи було проаналізовано сучасний потенціал виробництва біодизельного палива в Україні.

1. Визначено, що Україна має необхідні умови для виробництва рідкого біопалива за земельними ресурсами, потенціалом рослин та власними виробничими потужностями. Річний енергетичний потенціал української біодизельної технології становить 620 тис. т. н. е..

2. Проаналізовано основну блок-схему виробництва біодизельного палива та основні технології виробництва біодизельного палива: циклічна з використанням лужних каталізаторів, визначено, що перевагою є відносно простий хід процесу, низька вартість технічного ланцюга, можливість використання не високої якості сировини; безкаталізаторна циклічна з використанням розчинника, перевагою є високий вихід ефіру, низька температура і висока швидкість реакції, чистота продукту; багатореакторна безперервна, перевагами якої слугують високий вихід ефіру, безперервність процесу, швидкість реакції.

3. За результатами аналізу сировини для отримання біодизельного палива було визначено, що в Україні основною сировиною для виробництва біодизельного палива вважаються такі культури: ріпак, соняшник, соя та червона квасоля. Крім того, сировинна база для виробництва біодизельного палива в Україні може включати: «сировину» м'ясокомбінатів (жири тваринного походження), використаний жир, ліпіди мікродоростей тощо.

4. Проведено SWOT-аналіз розвитку галузі виробництва біодизельного палива в Україні. За SWOT-аналізом можемо винести ключові потреби в Україні для розвитку галузі виробництва біодизельного палива: інвестиції у наукові дослідження і програми селекції, які спрямовані на розвиток високопродуктивних культур; стимули для залучення у виробництво необроблюваних земель (наприклад, звільнення від податків та позики під низькі відсотки); інвестиції в інфраструктуру біопалива; створення Національної агенції з біопалива.

5. Визначено, що для виготовлення біодизельного палива в Україні найпопулярнішою і перспективною буде циклічна технологія з використанням каталізатора. Вона забезпечує від 500 до 5000 т/рік вихідної сировини, застосовується для невеликих заводів.

6. Розроблені рекомендації щодо розвитку біодизельного палива в Україні. Основні кроки, які будуть доцільними в цьому напрямку: податкова підтримка; надання безкоштовно та вдосконалення сертифікатів якості продукції, сировини тощо; регіональний розвиток; розвиток інфраструктури; екологічна раціональність.

СПИСОК БІБЛЮГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ

ДЖЕРЕЛ

1. Зелена книга “Регулювання виробництва рідких моторних біопалив”/А. Зоркін, К. Кикоть, О. Нечитайло, С. Регелюк. 2019. URL: <https://regulation.gov.ua/book/127-zelena-kniga-rinok-biopaliwa>.
2. Biofuels production from renewable feedstocks. J. A. Lalman et al. *Green chemistry and sustainable technology*. Berlin, Heidelberg, 2016. P. 199.
3. Liquid Biofuels atlas 2020-2021. Agustín Torroba. *Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture*. 2021. 35 p.
4. Деклараційний патент України № 48304 від 10.03.2010 р. Установка для очистки біодизельного пального від метанолу. Друкований М. Ф., Сіманчук В.І.
6. В поиске альтернативного топлива Украине стоит задуматься о более продвинутых вещах – ATS Agro. АПК-Информ. URL: <https://www.apk-inform.com/ru/exclusive/opinion/1523950>.
6. Biofuels Dashboard 2021. *IFPEN*. URL: <https://www.ifpenouvelles.com/article/biofuels-dashboard-2021>.
7. Biodiesel, renewable diesel, renewable heating oil, and other biofuel – use and supply – U.S. energy information administration (EIA). *Homepage – U.S. Energy Information Administration (EIA)*. URL: <https://www.eia.gov/energyexplained/biofuels/use-of-biodiesel.php>.
8. Spain’s Biodiesel and Renewable Diesel Overview /prepared by: M. Guerrero, Agricultural Specialist. Madrid, 2017. 26 p.
9. Brazil biofuel market – growth, trends, covid-19 impact, and forecasts (2022 - 2027). *Mordor Intelligence*. URL: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/brazil-biofuel-market>.
10. Забарний Г. М., Кудря С. О., Кондратюк Г. Г., Четверик Г. О. Термодинамічна ефективність та ресурси рідкого біопалива України. *ІВЕ НАН України*. 2006. 226 с.
11. Biodiesel Production Set to Drop 2.8 Mn T in 2020. URL: <https://www.oilworld.biz/>.

12. The significance and perspective of biodiesel production – A European and global view. *OCL – Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. URL: https://www.ocl-journal.org/articles/ocl/full_html/2019/01/ocl190042s/ocl190042s.html.
13. Калетнік Г. М. Економіка виробництва біопалива в Україні та забезпечення продовольчої безпеки. *Економіка АПК*. 2010. № 1, С. 30–35.
14. Державна служба статистики України. Рослинництво України/відп. за вип. О. Прокопенко. Київ, 2019. 220 с.
15. Назаренко А. В. Біопаливний потенціал України на світовому ринку сільськогосподарської продукції. *Економіка АПК*. 2010. № 1, С. 72–77.
16. Жаленко О. М., Кравченко М. О. Перспективи виробництва та застосування біопалива на основі ріпакової олії в Україні. Актуальні проблеми економіки та управління. *Збірник наукових праць молодих вчених*. 2008. Випуск 2. С. 36–41.
17. Биодизель. *dom.ukr.bio*. URL: <https://bio.ukr.bio/ua/articles/400/>.
18. Виды сырья для производства биодизеля и их преимущества. URL: <http://abercade.ru/research/analysis/2314.html>.
19. Transport & Environment – Campaigning for cleaner transport in Europe. URL: <https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/08/Biofuels-briefing-072021.pdf>.
20. Потенціал та перспективи вітчизняного виробництва біопалива на основі біомаси мікроводоростей. О. Матвєєва, А. Кустовська, А. Шипілова. *Наукоємні технології*. 2021. Т.49. №1, С. 84-91.
21. Scott S. A., M. P. Davey, J. S. Dennis et al. Biodiesel from algae: Challenges and prospects. *Current Opinion in Biotechnology*. 2010. pp. 277-286.
22. Vorob'yev V. V., Kozhevnikov YU. A., Shchekochikhin Yu. M. Microalgae for energy biomass and fuel production. *Agricultural innovations*. 2015. pp. 235-243.
23. Mata T. M., A. A. Martins, and N.S. Caetano. Microalgae for biodiesel production and other applications: a review. 2010. pp. 217-232.

24. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України. *ІВЕ НАН України*. 2020. 163с.
25. The Waste-Free Production Development for the Energy Autonomy Formation of Ukrainian Agricultural Enterprises. Kaletnik G., Honcharuk I. & Okhota Y. *Journal of Environmental Management & Tourism*, vol. 2020. pp. 513-522.
26. Габрель М. С. Виробництво твердого біопалива в Україні: стан та перспективи розвитку. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Вип. 21.9. С. 126-131. URL: http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2011/21_9/126_Gab.pdf.
27. Калетнік Г. М., Пришляк Н. В. Розвиток галузі біопалив як детермінанта сталого розвитку України. *Економіка АПК*. 2021. № 2, С. 71-81.
28. WBA Global Bioenergy Statistics (2020, December 30). URL: <http://www.worldbioenergy.org/uploads/201210%20WBA%20GBS%202020.pdf>.
29. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>.
30. Олійний ринок 2021 р.: визначені найбільші імпортери українських олій та олійних культур за минулий рік. *Latifundist.com*. URL: <https://latifundist.com/novosti/58303-rezultati-olijnogo-rinku-za-2021-rik-nazvano-najbilshih-importeriv-ukrayinskih-olij-ta-olijnih-kultur>.
31. Рябцев Г. Л., Бурлаков В. М., Литвиненко Є. Ю. Особливості виробництва біодизельного палива. 2014. №1. С. 73–80.
32. Чи зможе український біодизель витіснити імпортне пальне?. *Куркуль – онлайн-асистент фермера*. URL: https://kurkul.com/spetsproekty/1314-anton-zorkin-ukrayina-moje-zamistiti-30-dizelyu-viroblenim-biopalivom?fbclid=IwAR3BZuVfvKFIQnC023TZ_6I6yoJbvS3s4Y1PjO2p8dHjtP7Pq7k04PnKVHo.
33. Шкребун А. Опорний конспект лекцій з дисципліни «Нетрадиційні автономні джерела електроенергії». 38с.

34. Нестерчук Ю. О., Соколюк С. Ю. Ефективність інноваційної діяльності підприємств аграрно-промислового виробництва. *Вісник Одеського національного університету. Економіка*. 2018. Т. 23, Вип. 6. С. 80–85.