

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

---

Український науково-дослідний Інститут олій та жирів

І. М. Демидов, С. М. Мольченко,  
А. О. Демидова, С. Мунір Шавкат

**ОДЕРЖАННЯ**  
**БІОПАЛЬНОГО** для  
**ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ**  
**в Україні**  
**в сучасних умовах**

МОНОГРАФІЯ

Київ  
Аграрна наука  
2023

Рецензенти:

- Ф. Ф. Гладкий** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри технології жирів та продуктів бродіння (Український науково-дослідний інститут олій та жирів);
- І. В. Левчук** – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідного центру випробувань продукції (ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ»);
- В. В. Дідур** – доктор технічних наук, професор, доцент кафедри агроінженерії (Уманський національний університет садівництва)

Демидов І. М., Мольченко С. М., Демидова А. О., Шавкат С. Мунір.

**П 69** Одержання біопального для дизельних двигунів в Україні в сучасних умовах: монографія. Київ: Аграрна наука, 2023. 116 с. [Demidov I. M., Molchenko S. M., Demidova A. O., Muneer Shawkat Sadeq Dheyaa Muneer. Obtaining biofuel for diesel engines in Ukraine in modern conditions: monograph. Kyiv: Agrarna nauka, 2023. 116 p.]

ISBN 978-966-540-581-8

Монографію присвячено теоретичним та практичним аспектам одержання біодизельного пального з побічних продуктів олієжирової промисловості, а саме – із соапстоку соняшникової олії. Як спиртові компоненти цього пального обрано бутанол. Розглянуто різні каталізatori реакції естерифікації жирних кислот соапстоку низькомолекулярними спиртами. Запропоновано і досліджено дію нових каталізаторів цієї реакції.

Розрахована як для працівників промисловості, так і для викладачів, аспірантів та студентів спеціальностей, які займаються виробництвом і застосуванням біодизельного пального.

The monograph is devoted to the theoretical and practical aspects of obtaining biodiesel fuel from the by-products of the oil and fat industry, namely from sunflower oil soap stock. Butanol was chosen as the alcohol component of this fuel. Different catalysts for the reaction of esterification of soapstock fatty acids with low molecular weight alcohols were considered, the authors proposed and investigated the effect of new catalysts for this reaction.

The work can be useful both for industry workers and for teachers, graduate students and students of specialties who are engaged in the production and application of biodiesel fuel.

УДК 665.22.004.8:622.756.2  
DOI: 10.31074/978-966-540-581-8

© І. М. Демидов, С. М. Мольченко,  
А. О. Демидова, С. Мунір Шавкат,  
2023

© Державне видавництво «Аграрна  
наука» НААН, 2023

ISBN 978-966-540-581-8

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
Розділ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОДЕРЖАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО .....	8
1.1. Поняття, визначення та хімізм одержання біодизельного пального .....	8
1.2. Особливості використання альтернативного пального) .....	11
1.3. Загальна характеристика ситуації щодо одержання естерів жирних кислот з олієжирової сировини .....	14
1.4. Сировина для виробництва біодизельного пального .....	16
1.4.1. Жирова сировина .....	16
1.4.2. Спиртові компоненти .....	17
1.4.3. Альтернативна (по відношенню до наземних рослин) сировина .....	19
1.4.4. Каталізatori .....	21
1.4.4.1. Гомогенні каталізatori .....	21
1.4.4.2. Гетерогенні каталізatori .....	26
1.5. Технології одержання біодизельного пального .....	28
1.5.1. Процеси, що каталізуються лугами .....	28
1.5.2. Процеси, що каталізуються кислотами .....	32
1.5.3. Альтернативні технології одержання біодизельного пального .....	34
1.6. Чистота біодизельного пального .....	38
1.6.1. Залишковий вміст ацилгліцеролів (гліцеридів) .....	38
1.6.2. Залишковий вміст спиртів та каталізатора .....	38
1.6.3. Залишковий вміст води .....	39
1.6.4. Стабільність біопалива під час зберігання .....	39
1.7. Обґрунтування цілей та постановка завдань роботи .....	40

Розділ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ .....	42
2.1. Характеристики застосованої сировини та матеріалів .....	42
2.2. <b>Методика проведення синтезів</b> .....	44
2.2.1. Методика синтезу бутилових ефірів ЖК (лабораторний варіант) .....	44
2.2.2. Методика одержання гідрофосфату алюмінію .....	45
2.2.3. Методика одержання алюмінату натрію .....	45
2.2.4. Методика виділення жирних кислот із соапстоку .....	45
2.2.5. Очищення реакційних сумішей від каталізатора .....	47
2.2.6. Відновлення гетерогенного каталізатора .....	47
Розділ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ОДЕРЖАННЯ БУТИЛОВИХ ЕФІРІВ ЖИРНИХ КИСЛОТ З ВІДХОДІВ ОЛІЄЖИРОВОЇ СИРОВИНИ .....	48
3.1. <b>Способи переробки соапстоку</b> .....	50
3.2. <b>Дослідження деяких кислотних каталізаторів</b> .....	52
3.2.1. Вплив типу обробки соапстоку на процес отримання естерів жирних кислот .....	52
3.2.2. Вплив типу каталізатора та його кількості на перебіг реакції отримання естерів жирних кислот .....	55
3.2.3. Вплив типу спирту на процес отримання естерів жирних кислот .....	63
3.2.4. Вплив мольного співвідношення реагентів на реакцію отримання бутилових ефірів жирних кислот .....	67
3.2.5. Дослідження можливості повторного використання відпрацьованих кислотних каталізаторів .....	70
3.2.6. Дослідження утворення води .....	71
3.2.7. Дослідження впливу типу кислоти на процес отримання естерів жирних кислот .....	73
3.3. <b>Кінетичні параметри реакцій отримання бутилових естерів жирних кислот з використанням кислотних каталізаторів</b> .....	74
Розділ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ЛУЖНИХ КАТАЛІЗАТОРІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЕСТЕРІВ ЖИРНИХ КИСЛОТ .....	78
4.1. <b>Дослідження лужних каталізаторів</b> .....	78
4.1.1. Дослідження впливу лужних оксидів на процес одержання ефірів жирних кислот .....	80
4.1.2. Дослідження впливу алюмінату натрію на процес одержання ефірів жирних кислот .....	85

4.2. <b>Дослідження отримання ефірів жирних кислот із триацилгліцеринів соапстоку</b> .....	89
Розділ 5. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ БУТИЛОВИХ ЕСТЕРІВ ЖИРНИХ КИСЛОТ .....	91
5.1. <b>Обґрунтування умов отримання бутилових ефірів жирних кислот з використанням каталізатора гідрофосфату алюмінію</b> .....	92
5.2. <b>Обґрунтування умов отримання бутилових ефірів жирних кислот із використанням каталізатора сульфату заліза</b> .....	94
5.3. <b>Технологія отримання бутилових ефірів жирних кислот</b> .....	96
ВИСНОВКИ .....	101
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	103
<i>Додаток А</i> .....	115

## ВСТУП

Останнім часом у багатьох країнах світу є завдання збільшити виробництво альтернативних видів пального, які одержують з відновлювальної сировини. Особливо актуальним є таке завдання в Україні, у зв'язку з війною між Україною та РФ і пов'язаним з цим істотним зменшенням надходження нафти та нафтопродуктів (зокрема і дизельного пального) в Україну. Власних нафтопродуктів нашої країні недостатньо. Водночас через ситуацію на лінії бойового зіткнення і в країні загалом нафтопродуктів Україні потрібно все більше.

Перспективним видом відновлювального дизельного палива вважають естери жирних кислот та спиртів, переважно метилового, набагато рідше етилового, але в умовах сучасної України найбільш перспективного спирту. Основним видом сировини для виробництва такого палива вважаються рослинні та тваринні олії і жири. З тієї самої причини, що і зменшення надходження до країни нафти та нафтопродуктів, істотно зменшилося і надходження метанолу, а також сировини для його виробництва. А відтак для України найперспективнішою спиртовою компонентою для виробництва біодизельного пального стає етанол та інші більш високомолекулярні алкоголі (бутанол, пентанол).

Передусім слід розглядати таке пальне не як повну заміну нафтовому дизельному пальному (що потребує створення дизельних двигунів нової конструкції, це взагалі-то не виключається, і може розглядатися як перспективний напрям), а як компонент упродовж за допомогою якого можна значно зменшити (на 20–25 %) витрати нафтового пального. Крім того (і це буде відігравати істотну роль після повернення до мирного життя), за використання біодизельного пального як домішки до нафтового пального значно зменшується

токсичність (і димність, що теж важливо) вихлопу дизельних двигунів.

Дуже важливим аспектом виробництва біодизельного пального є питання сировини. Олії та жири є досить дорогими та не можуть забезпечити високу рентабельність виробництва такого виду пального. Зважаючи на те, що врожай олійних культур в Україні є досить високим, а вивіз олії (передусім соняшникової) на світовий ринок зараз дещо обмежений з відомих причин. Альтернативним та дешевшим видом сировини для виробництва естерів жирних кислот є побічні продукти переробки соняшникової олії, кінець кінцем, сама олія. Серед різноманіття доступної сировини, найперспективнішим є соапсток, який містить нейтральний жир та солі жирних кислот – мила. Ця сировина є побічним продуктом рафінації олій та жирів, його виробляють в Україні у досить великих кількостях.

Отже, наші дослідження, спрямовані на розробку технологій одержання альтернативних видів пального (біодизельного пального) в умовах збройної агресії в Україні.