

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Головне управління освіти і науки Черкаської облдержадміністрації  
Черкаське територіальне відділення МАН України

Відділення: хімія і біологія

Секція: хімія

### **Дослідження процесу отримання якісного біодизелю**

Роботу виконала:

Гвоздик Ірина Вячеславівна  
учениця 9-Б класу Черкаської загальноосвітньої  
школи I- III ступенів №15

Науковий керівник:

Столяренко Геннадій Степанович, завідувач  
кафедри хімії та хімічної технології неорганічних  
речовин Черкаського державного технологічного  
університету, д.т.н., професор.

Керівник роботи:

Стеценко Ірина Володимирівна,  
вчитель хімії вищої категорії,  
вчитель-методист Черкаської загальноосвітньої  
школи I-III ступенів №15

Черкаси - 2011

## Дослідження процесу отримання якісного біодизелю

Гвоздик Ірина Вячеславівна

Черкаське територіальне відділення МАН України

Черкаська загальноосвітня школа I-III ступенів №15, 9 клас

Стеценко Ірина Володимирівна, вчитель хімії Черкаської загальноосвітньої школи I-III ступенів №15, вчитель вищої категорії, вчитель-методист

**Основна мета.** Дослідити параметри біодизелю, який синтезується. Очистити біодизель від домішок (продукти неповного перетворення, залишки спирту, частинки каталізатору) і знову визначити параметри біодизелю після його очистки.

**Актуальність дослідження.** Використання біопалив замість звичайних видів палив є досить актуальною проблемою для нашої держави, оскільки Україна належить до енергодефіцитних країн, і має порівняно незначні запаси нафти та газу. Процес синтезу біодизелю досить простий і не потребує значних затрат енергії. Тому постає задача в синтезі такого палива, яке б було екологічно чистим та недорогим у процесі його синтезу та використання.

**Завдання наукового дослідження.** Дослідити процес отримання якісного біодизелю за рахунок проведення стадії синтезу біодизелю та стадії очищення. Визначити та порівняти параметри отриманого біодизелю після синтезу та після проведення очищення. Визначити перспективу даного виду палива в Україні та світі. Порівняти параметри отриманого біодизелю з вимогами стандарту на біодизель. Дослідити та порівняти методи отримання біодизелю.

**Висновки.** Отже, в роботі досліджено:

- процес синтезу та очищення отриманого біодизелю з етилового та метилового спиртів;
- визначено такі параметри якості отриманого продукту до та після очищення як: густина, в'язкість, вміст летких компонентів (цей параметр залежить від наявності залишкового спирту в отриманому продукті);
- визначено здатність біодизелю утворювати емульсію (цей параметр характеризує наявність домішок продуктів неповного перетворення в біодизелі та мила).

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
РОЗДІЛ 1 ТЕОРИТИЧНА ЧАСТИНА.....	6
1.1. Загальні відомості про біодизель.....	6
1.1.1. Фізичні та хімічні властивості біодизелю.....	8
1.1.2. Загальні відомості про технологію виготовлення.....	8
1.1.3. Переваги та недоліки.....	9
1.1.4. Біодизель з мікробіодоростей.....	9
1.2. Загальні відомості про впроваджені методи та технології отримання біодизелю .....	10
1.3. Існуючі методи отримання біодизелю.....	14
1.3.1. Технологія отримання біодизелю методом лужного гомогенного каталізу.....	14
1.3.2. Технологія отримання біодизелю при використанні кислотного каталізатору.....	14
1.3.3. Каталіз ензимами.....	15
1.3.4. Гетерогенний каталіз алкоголізу гліцеридів.....	15
1.3.5. Синтез біодизелю в надкритичних умовах.....	16
РОЗДІЛ 2 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	17
ВИСНОВКИ.....	21
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	22
ДОДАТКИ.....	23

## ВСТУП

**Актуальність досліджень.** Впровадження виробництва біодизелю в Україні – це досить серйозна проблема, оскільки з одного боку Україна не може в повній мірі забезпечити себе власними енергетичними ресурсами, з іншого – значні площі земель виділяються під посіви ріпаку, олія якого повинна була стати сировиною для вітчизняних виробників біодизелю, який би міг збільшити рентабельність сільськогосподарського сектору економіки, але зараз переважно експортується за кордон.

Застосування біодизелю майже виключає емісію вуглекислого (парникового) газу в атмосферу та зменшує забруднення атмосферного повітря вихлопами, сполуками що надходять з вихлопами транспорту.

Зараз з'явилося багато підпільних виробництв біодизелю, оскільки процес синтезу біодизелю досить простий і не потребує значних затрат енергії. Але отриманий таким чином біодизель є шкідливий для паливної апаратури транспорту, оскільки його майже ніхто не очищує. Тому необхідно досліджувати методи очищення біодизелю для розробки та впровадження технологій виробництва якісного біодизелю.

**Мета і задачі досліджень.** Мета роботи – дослідити процес отримання якісного біодизелю за рахунок проведення стадії синтезу біодизелю та стадії очищення. Визначити та порівняти параметри отриманого біодизелю після синтезу та після проведення очищення. Визначити перспективу даного виду палива в Україні та світі. Порівняти параметри отриманого біодизелю з вимогами стандарту на біодизель. Дослідити та порівняти методи отримання біодизелю.

**Об'єкт дослідження:** біодизельне паливо з етилового та метилового спиртів та процес очищення.

**Предмет дослідження:** густина, в'язкість, вміст летких компонентів до і після очищення біодизельного палива.

**Методи дослідження:** Метод отримання біодизелю – метод лужного каталізу; метод визначення густини – ареометричний; метод визначення в'язкості біодизелю – віскозиметричний; визначення летких компонентів – за різницею мас проби біодизелю до та після упарювання.

**Наукова новизна дослідження:** вперше досліджено ефективність спеціально розробленого промивного розчину, який дозволяє очистити біодизель та отримати якісний продукт.

**Практичне значення одержаних результатів:** дослідженні методи отримання та очищення біодизелю дають можливість створити просту, але ефективну технологію, яку можна реалізувати для створення невеликої установки, яка може забезпечити потреби сільгоспідприємства або фермерського господарства.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

#### **1.1. Загальні відомості про біодизель**

Проблема виробництва біодизелю є досить актуальною для України, тому що після затвердження постановою Кабінету Міністрів України від 22 грудня 2006 р. № 1774 «Програми розвитку виробництва дизельного біопалива» дедалі більша частина наших орних земель почала виділятися під посіви озимого ріпаку, олія якого в основному зараз використовується як сировина для виробництва біодизелю. Хоча термін реалізації цієї постанови вже пройшов, (до 2010 р.) проте біодизель в нашій державі виробляється в дуже невеликій кількості, а основна частина виробленого ріпакового насіння експортується закордон бо європейські виробники добре за нього платять. Це може призвести до скорочення посівів пшениці, та інших харчових культур, якщо в Європі виросте попит на сировину для виробництва біодизелю та перетворення України в сировинний придаток Європи у плані постачання сировини для виробництва біопалива. В той же час, в наведеній вище програмі сказано, що якщо виділяти 7-8 % орних земель під посіви ріпаку, та виробляти біодизель з його олії у нашій державі, то за умов середнього урожаю можна повністю задовольнити потреби сільгоспвиробників України у дизельному пальному власного виробництва. Тому дуже важливим є питання реалізації в Україні технологій виробництва біодизелю.

Біодизель також дозволяє в значній мірі вирішити актуальну проблему забруднення атмосферного повітря. По-перше, використання біодизеля як відновлювального джерела енергії дозволяє знизити до мінімуму емісію парникового вуглекислого газу в атмосферу. По-друге, при спалюванні біодизелю в двигунах внутрішнього згорання утворюється значно менше токсичних сполук. Біодизель сам по собі не токсична речовина, не містить в собі канцерогенів, і відповідно при потраплянні його парів, що не встигли згоріти, у вихлопні газу, у атмосферу не потрапляють ті канцерогенні сполуки, які присутні у пальному, що виробляється з нафти. Молекула біодизелю містить у своїй структурі кисень, який

значно покращує процес його горіння в двигуні внутрішнього згорання, що значно знижує кількість продуктів неповного згорання, сажі та парів біодизелю у вихлопних газах автотранспорту. Біодизель містить значно меншу кількість сполук Сульфуру, що на 80% знижує викиди оксиду Сульфуру з вихлопними газами при використанні біодизелю. Тому використання біодизелю замість дизельного палива з нафти, і навіть додавання його до звичайного дизельного пального, дозволяє в значній мірі знизити кількість токсичних сполук у вихлопних газах дизельного транспорту що використовується в містах. Отже, це дозволить вирішити проблему забруднення атмосферного повітря міст.

Процес виробництва біодизелю методом лужного каталізу проходить досить швидко, не потребує великих енерговитрат та складного обладнання. Тому часто навіть у нашій державі з'являються аматори, які виробляють біодизель для власних потреб у виготовлених ними ж установках.

Для цього достатньо до рослинної олії додати спиртово-каталізаторну суміш (9,5 – 11,5% розчин КОН чи NaOH у метиловому спирту) у кількості 18 – 20% від об'єму олії. Процес отримання біодизелю проводять при температурі 40 – 60°C за 90 – 120 хв. Після закінчення процесу, реакційна маса розділяється на дві рідкі фракції: гліцеринову, у яку переходить майже весь гліцерин, і більша частина домішок і продуктів неповного перетворення; естерну, що в основному складається із біодизелю, але має певну кількість домішок. Ця естерна фракція після відділення гліцеринової фракції часто використовується аматорами у якості дизельного пального без додаткового очищення. Проте такий біодизель не відповідає вимогам стандарту EN 14214, і згодом виникає проблеми з дизельним двигуном. Для виробництва якісного біодизелю, естерну фракцію необхідно очищувати від домішок відгонкою летких компонентів (метанол, вода), та промиванням водою, або за рахунок адсорбції домішок сорбентом.

Отже, виникає проблема створення технології виробництва якісного біодизелю в Україні, яка включає не тільки стадію синтезу, а й стадію очищення біодизелю і можливо інші стадії.

### 1.1.1. Фізичні та хімічні властивості біодизелю

Біодизель –це рідина жовтого кольору (може бути різних відтінків). Майже не змішується з водою, має високу температуру кипіння та низьку пружність пари.

Відносно висока температура займання біодизелю 150 °С робить паливо досить безпечним у питанні протипожежної безпеки.

Густина біодизелю 0,86 г/см<sup>3</sup>.

Виготовлений з незабрудненої сировини біодизель є нетоксичним.

В'язкість біодизелю та звичайного дизельного пального однакова.

Для позначення палива, що містить біодизель застосовується літера «В». В100 – 100 % біодизелю. В20 – 20 % біодизелю, 80 % звичайного дизельного пального.

### 1.1.2. Загальні відомості про технологію виготовлення

Найпоширеніший спосіб отримання біодизелю — переетерифікація рослинної олії. Хімічно переетерифікований біодизель – це суміш моно-алкілових ефірів жирних кислот. Найпоширенішим для виробництва метилових ефірів є використання метанолу, оскільки він є найдешевшим зі спиртів, хоча етанол також можна використовувати для виробництва етилових ефірів біодизелю. Так само можуть використовуватись вищі спирти – ізопропанол і бутанол. Побічний продукт переетерифікації – гліцерин

Хімічне рівняння для реакції переетерифікації з метанолом:



Як катализатор найчастіше використовується натрій або калій гідроксиди. Час, необхідний для реакції, – від 1 до 8 годин. Найшвидше протікає при 70 °С– температурі кипіння спирту. Зі зменшенням температури на 10 °С швидкість реакції уповільнюється вдвічі. Однак існує думка, що безпечніше реакцію



здійснювати при температурі в діапазоні – 50-55 °С, оскільки при підвищенні температури значно прискорюються процеси омилення.

Швидкість хімічної реакції може бути підвищена за допомогою ультразвуку. Це дозволяє здійснювати серійне виробництво в безперервному потоці і скоротити капітальні витрати.

### 1.1.3. Переваги та недоліки

Біодизель роз'їдає прокладки та трубки з натуральної гуми (натуральна гума переважно використовуються в двигунах виготовлених до 1992), хоча найвірогідніше, що ці деталі вже замінені на вироби з синтетичної гуми, котра не роз'їдається біодизелем. Вищий показник змащувальної здатності біодизелю порівняно зі звичайним дизельним паливом — перевага, що сприяє тривалішому «життю» форсунок.

При використанні звичайного дизельного палива у двигуні та паливних трубках утворюється наліт. При переході на використання біодизелю цей наліт руйнується (так, як біодизель кращий розчинник ніж звичайне дизельне паливо) і засмічує паливні фільтри та інжектори. Тому при пробігу 1000—1500 км з моменту переходу на біодизель рекомендується заміна паливних фільтрів.

Фінансовані виробниками нафтопродуктів дослідження доводять, що для двигунів, звичайне дизельне паливо є кращим ніж біодизель. Але це заперечують незалежні організації, які помітили що біодизель зменшує спрацювання двигуна. Для багатьох стандартних моделей автомобілів атестоване використання.

### 1.1.4. Біодизель з мікродоростей

Через високий вміст ліпідів багато видів мікродоростей можуть стати перспективним джерелом сировини для виробництва біодизелю. Це підтверджено даними про те, що з 1 га землі можна отримати 446 л соєвої олії або 2690 л пальмової, а з такої ж площі водної поверхні – близько 90 000 л біодизелю. Установлено, наприклад, що вміст ліпідів у *Scenedesmus dimorphus* за різних умов може коливатися в межах 16–40%, а в *Chlorella vulgaris* – 14–22% від маси сухої речовини[8]. Крім

цього, якість біодизелю залежить від жирнокислотного складу вихідної сировини. З насичених жирних кислот у складі водоростей переважає пальмітинова, з ненасичених – пальмітоолеїнова (16:1) і ліноленова (18:3). Загальна ненасиченість жирних кислот ліпідів мікроводоростей значно вища, ніж у пальмової олії, яка, однак, поступається соєвій. Жирнокислотний склад ліпідів мікроводоростей може суттєво змінюватися залежно від варіювання умов їх вирощування. Зниження температури культивування, як і підвищення рівня освітленості, призводить до зростання частки ненасичених жирних кислот у хімічному складі водоростей [8].

## **1.2. Загальні відомості про впроваджені методи та технології отримання біодизелю**

В умовах України організацію виробництва ріпакової олії можна провести з базуванням на наступних типах заводів:

господарських – з виробництвом до 300 т біодизелю на рік;

малих – до 5000 т на рік;

великих – до 20000 т на рік;

промислових – від 100000 т на рік.

У табл. 1.1 подано добову та годинну продуктивність окремих установок, а в табл. 1.2 представлено орієнтовну потребу в ріпаку в залежності від типу заводу. Забезпечення необхідною кількістю сировини великих та промислових заводів вимагає розробки логістики зберігання і транспортування сировини та вироблених продуктів.

*Таблиця 1.1*

### **Класифікація заводів для виробництва біодизельного палива [1,2]**

Тип заводу	Річний вихід біодизелю, т	Виробництво за добу, т	Виробництво за годину, т
Господарський	300	1,0	0,04
Малий	5000	16,7	0,69
Великий	20000	66,7	2,77
Промисловий	100000	333,3	13,90

### Необхідна кількість ріпаку в залежності від типу установки

Тип заводу	Щорічна потреба у насінні, т	Кількість насіння на добу, т	Кількість насіння на годину, т
Господарський	945	3,2	0,13
Малий	15750	52,5	2,19
Великий	63000	210,0	8,73
Промисловий	315000	1050,0	43,72

При сучасному рівні виробництва насіння ріпаку в Україні можливим є створення господарських та малих заводів – виробників біодизелю на районному рівні. З розвитком сировинної бази доцільним буде розширення типажу в напрямку розгортання великих та промислових установок на обласному рівні.

Повний технологічний процес переробки насіння ріпаку у біодизельне паливо включає умовно три етапи:

- приймання сировини, її зберігання в операційних резервуарах необхідної місткості та подачі до ділянки пресування;
- пресування насіння на лінії вижимки, фільтрування (очистки) і нейтралізації олії, її зберігання та подачі до ділянки етерифікації;
- виробництва біодизельного палива з олії на лінії етерифікації, його зберігання та відправки.

На першому етапі переробки, як зазначено, здійснюють приймання сировини, її зберігання в резервуарах та подачу до ділянки пресування. Важливим кроком до виробництва біодизелю є закупівля насіння ріпаку (варіанти можуть бути різними) для забезпечення роботи заводу на протязі всього року. При біодизельному виробництві очищене і висушене насіння ріпаку зберігають в технологічному сховищі, розміщеному поруч з олійницею. Насіння ріпаку різних сортів, призначене для виробництва олії, повинне мати вологість 5 – 7%, засміченість – не більше 1 % , вміст ерукової кислоти – менше 2% та кислотне число – не більше 3. Порушення цих вимог погіршує

ефективність вижимання та етерифікації, а також може стати причиною зниження якості олії. На це впливають, зокрема, ступінь стиглості насіння та умови його зберігання.

Метиллові ефіри RME з ріпакової олії отримують в результаті етерифікації. У залежності від методу, що застосовується, одержують суміш метилових ефірів, жирних кислот, а також гліцеролової фракції з різним вмістом гліцерину. За своєю сутністю технологія виготовлення біодизельного палива з ріпакової олії побудована на фізичній і хімічній переробці відфільтрованої олії у метиловий ефір.

Ріпакове біодизельне паливо переміщується в означених стандартами пропорціях з традиційним дизельним паливом з додаванням певних присадок для стабілізації його якості. При оцінці основних властивостей біодизельного палива (RME) з огляду на його пожежну безпеку встановлено, що суміш парів біопалива з повітрям не утворює вибухових сумішей [19, 20]. Зауважимо, що на відміну від RME пари дизельного палива з повітрям утворюють вибухонебезпечну суміш, яка має досить низьку межу вибуховості. Встановлено також, що теплота згоряння біопалива (34,3 – 41,7 МДж/т) нижча, ніж дизельного. При застосуванні біодизельного палива загальна потужність та крутильний момент для більшості двигунів практично не змінюються в результаті підвищення витрати палива на 5 – 7%, що компенсує падіння енергетичної цінності біопалива. Дослідженнями відзначається незначне (на 3 – 11%) зменшення прискорення енергозасобів при пересуванні. При цьому механічне та теплове навантаження двигуна залишаються майже на однаковому рівні, а температура вихлопних газів знижується на 3 – 10%. Таким чином, ріпакове біопаливо цілком заміняє дизельні літні та перехідні палива, а з додаванням спеціальних депресантів можливо заміщувати ним й традиційні зимові палива [1, 3, 20, 21].

Окрім викладених переваг ефірів ріпакової олії (RME), їх використання у вигляді палива для дизельних двигунів пов'язане з певними експлуатаційними проблемами, що виникають внаслідок складностей, обумовлених варіюванням якості ефірів через різноманітні проблеми на етапах одержання сировини, виконання технології виробництва і зберігання. До цих проблем слід віднести:

– підвищення тиску впорскування до 25% і робочої температури системи живлення при використанні чистого RME як біопалива, може негативно впливати на

надійність роботи насосів і електронних керуючих систем, а також на дещо прискорене утворення нагару на форсунках.

– недостатню стійкість RME до низьких температур (нижче 7 – 10°C), що може викликати збільшення в'язкості палива і забивання фільтрів. Запобіжним заходом у таких випадках є застосування депресантів.

– агресивність стосовно окремих ущільнюючих матеріалів, зокрема гумових виробів, фарб і лаків, а також певних кольорових металів (алюмінію, цинку, міді та їх сплавів). Негативний вплив стосується головним чином дизельних двигунів, що працюють десять і більше років. У більшості випадків це явище викликане недосконалістю або спрощеністю технологічного процесу виробництва ефірів (недостатнім вилученням каталізатора, відсутністю нейтралізації олії тощо).

– меншу стійкість до окислення у порівнянні з дизельним паливом, що особливо має значення при тривалому зберіганні ефірів у чистому вигляді. Окислення може призвести до збільшення кислотного числа і в'язкості, а також утворення шкідливих сполук (смола), здатних блокувати паливні фільтри. Надмірна кислотність може бути обумовлена непостійними якісними характеристиками сировини (олії). Тому ефіри (RME) не повинні зберігатися більше 6 місяців, інакше слід додати антиоксидантів.

– підвищену сприйнятливність до розвитку мікроорганізмів (бактерій, грибів, дріжджів), яку пояснюють органічним походженням ефірів і надмірним вмістом води, що може призводити до виникнення шламів, що зможуть забити паливні фільтри. Розвиток мікроорганізмів можна стримувати, застосувавши фунгіциди. Гідрофільність ефірів значно вища, ніж ON. Тому надлишок води обумовлений або недоліками технології виробництва, або неправильним зберіганням ефірів.

– розмивання осадів у паливній апаратурі і в резервуарах для зберігання, що в результаті призводить до забивання фільтрів, бо RME мають властивості розчинника середньої якості. Чисті ефіри можуть реагувати з мастильними матеріалами, утворюючи шлами. У цьому випадку необхідно дотримуватися інструкцій з експлуатації стосовно промивання систем.

Перераховані недоліки не мають практичного значення при застосуванні ефірів RME як домішки до дизельного палива у кількості від 5 до 20%.

Ефіри, окрім їх використання як палива для двигунів, можуть бути сировиною для виробництва дуже широкого асортименту інших продуктів, таких як мастильні засоби, косметика, розчинники для фарб та лаків тощо. Як вже згадувалось, на даний час у більшості країн Європи основне значення для виробництва ефірів як сировина мають ріпакова олія і частково олії, що залишаються як відходи харчового виробництва.

### **1.3. Існуючі методи отримання біодизелю**

1.3.1. Технологія отримання біодизелю методом лужного гомогенного каталізу

У класичному процесі отримання біодизелю застосовуються гомогенні (розчинні в реакційній масі) лужні каталізатори, в основному КОН, а також NaOH, і алкоголяти лужних металів: метилати ( $\text{KOC}_2\text{H}_5$ ,  $\text{NaOC}_2\text{H}_5$ ) або етилрати ( $\text{KOC}_2\text{H}_5$ ,  $\text{NaOC}_2\text{H}_5$ ).

Основне обмеження каталізованого лугом процесу - його чутливість до чистоти реагентів. Каталітична лужна система дуже чутлива і до води, і до вільних жирних кислот. Присутність води в лужних умовах може спричинити омилення олії й біодизелю. Вільні жирні кислоти можуть реагувати з лужним каталізатором з утворенням мила та води. Реакцію переестерифікації за допомогою лужного каталізу можна проводити при вмісті вищих жирних кислот до 5%. Небажаність протікання процесу омилення пов'язана не тільки з тим, що на нього витрачається каталізатор, але і з тим, що отримані мила можуть спричинити формування емульсій. Утворення емульсії створює ускладнення при відстоюванні та очищенні біодизелю.

1.3.2. Технологія отримання біодизелю при використанні кислотного каталізатору

Отримання біодизелю можна проводити з використанням сильних кислот у якості каталізатору. Найчастіше для цього використовують концентровану сульфатну кислоту. Наприклад, метилові естери жирних кислот отримують,

нагріваючи протягом декількох годин (близько шести) на киплячій водяній бані суміш жирів з п'ятикратною кількістю абсолютного метилового спирту в присутності концентрованої сульфатної кислоти (20% від маси жирів).

Використання кислот як каталізаторів для отримання біодизелю є економічно менш вигідним ніж використання лужного каталізатору через значну тривалість процесу, меншу ефективність (реакція проходить менш повно), необхідність підтримувати вищу температуру. Тому такі технології майже не реалізуються у промисловості.

Але в наслідок того ,що метод з використанням лужного каталізатору потребує якісної сировини з низьким вмістом жирних кислот, тому використання кислотних каталізаторів може бути доцільним саме для перетворення вільних жирних кислот на естери (біодизель) в наслідок реакції естерифікації, яка протікає швидко на відміну від реакції переестерифікації. Оброблену таким чином олію можна перетворити на біодизель методом лужного каталізу. Це дозволяє отримувати біодизель із жирів (олій та тваринних жирів), які містять підвищений вміст жирних кислот.

### 1.3.3. Каталіз ензимами

До цього часу каталізований ферментами процес переестерифікації олії виконано лише в лабораторному масштабі і його проведення вимагає набагато більшого часу перебігу реакції ніж інші лужна чи кислотна каталітичні системи. Хоча при цьому якість отриманого біодизелю відповідає вимогам стандарту і гліцерин не забруднений домішками.

### 1.3.4. Гетерогенний каталіз алкоголізу гліцеридів

Гетерогенні каталізатори це ті каталізатори, які знаходяться в реакційній масі у вигляді твердих часток. Перевага їх перед гомогенними в тому що їх легко відділити від реакційної маси і використати повторно. Причому значно зменшується проблема очищення біодизелю та гліцеролової фракції, оскільки каталізатор не розчиняється у реакційній масі і не забруднює отримані продукти.

Проведено багато різних досліджень з використанням гетерогенних каталізаторів. Принципово можливі три типи гетерогенних каталізаторів:

- 1) гетерогенні каталізатори лужного типу;
- 2) кислотного характеру;
- 3) каталіз за допомогою ферментів іммобілізованих на якусь тверду матрицю.

#### 1.3.5. Синтез біодизелю в надкритичних умовах

Це спосіб отримання біодизелю при високих температурах та тиску і без використання каталізаторів. Дія цього методу полягає в тому що при високих температурах та тиску відбувається дисоціація спирту з утворенням значної концентрації алкоголят-іонів.

Проте цей метод не реалізовано в промисловому масштабі через велику складність процесу та підвищені вимоги до обладнання.



## РОЗДІЛ 2

### РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

На кафедрі «Хімічної технології неорганічних речовин» Черкаського державного технологічного університету проведено процес по отриманню двох партій біодизелю з метилового та етилового спирту та соняшникової олії, виміряно об'єми та маси отриманих продуктів. Після цього визначено густину (при 15), в'язкість (при 40°C) та вміст летких компонентів отриманого біодизелю, а також перевірено його якість. Далі проведено обробку зразків промивним розчином та визначено ті самі параметри.

Густину виміряно за допомогою ареометру, в'язкість – за допомогою скляного лабораторного віскозиметра. Для перевірки якості біодизелю невелику його кількість було оброблено водою і проведено спостереження, у якій мірі він перетворився на емульсію, оскільки при наявності домішок, які є продуктами неповного перетворення, біодизель перетворюється у білу емульсію білого кольору, а при їх відсутності чи невеликому вмісті – залишається прозорим або набуває невеликого білого відтінку.

Дані отриманого біодизелю занесено до таблиці 2.1

*Таблиця 2.1*

#### Результати вимірювання продуктів після отримання біодизелю

№ п/п	Спирт, використаний для отримання біодизелю	Об'єм біодизелю, см <sup>3</sup>	Об'єм гліцеринового шару, см <sup>3</sup>	Маса біодизелю, г	Маса гліцеринового шару, г
1	метиловий	102,5	14,5	87,92	19,31
2	етиловий	105,5	16,7	92,34	17,3

Результати вимірювання параметрів якості біодизелю після проведення синтезу наведено в таблиці 2.2

Таблиця 2.2

### Параметри якості отриманого біодизелю

№ п/п	Спирт, використаний для отримання біодизелю	Густина біодизелю при 15°C, г/см <sup>3</sup>	В'язкість біодизелю при 40°C, мм <sup>2</sup> /с	Вміст летких компонентів, % мас.	Поведінка біодизелю при змішуванні з водою
1	метиловий	0,865	3,41	2,16	Біла емульсія
2	етиловий	0,863	3,38	2,83	Біла емульсія

Результати вимірювання параметрів якості біодизелю після промивання промивним розчином наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

### Параметри якості промитого біодизелю

№ п/п	Спирт, використаний для отримання біодизелю	Густина біодизелю при 15°C, г/см <sup>3</sup>	В'язкість біодизелю при 40°C, мм <sup>2</sup> /с	Вміст летких компонентів, % мас.	Поведінка біодизелю при змішуванні з водою
1	метиловий	0,875	3,51	0,51	Ледь мутний біодизель
2	етиловий	0,879	3,62	0,51	Ледь мутний біодизель

Результати порівняння параметрів отриманого біодизелю з стандартними даними наведено у таблиці 2.4

Таблиця 2. 4

## Порівняння показників якості отриманого біодизелю з вимогами стандарту

№	Назва показника	Вимоги стандарту ДСТУ 6081:2009	Результати випробування біодизелю з метилового спирту	Результати випробування біодизелю з етилового спирту
2	Густина при 15°C, кг/м <sup>3</sup>	860-900	875	879 (20°C)
3	Кінематична в'язкість при 40°C, мм <sup>2</sup> /с	3,5-5,0	3,51	3,62
8	Масова частка метанолу, %	не більше ніж 0,20	(вміст летких компонентів) 0,51	(етанолу) 0,07

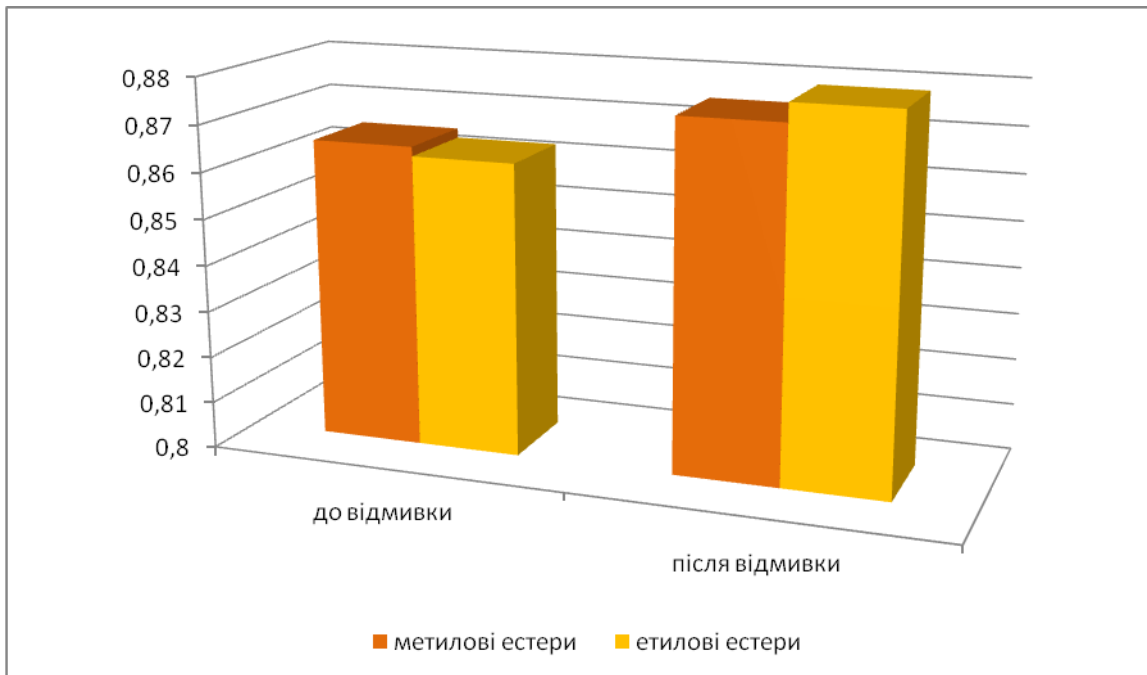


Рис. 2.1. Порівняння густини отриманого біодизелю з етилового та метилового спирту до та після очищення

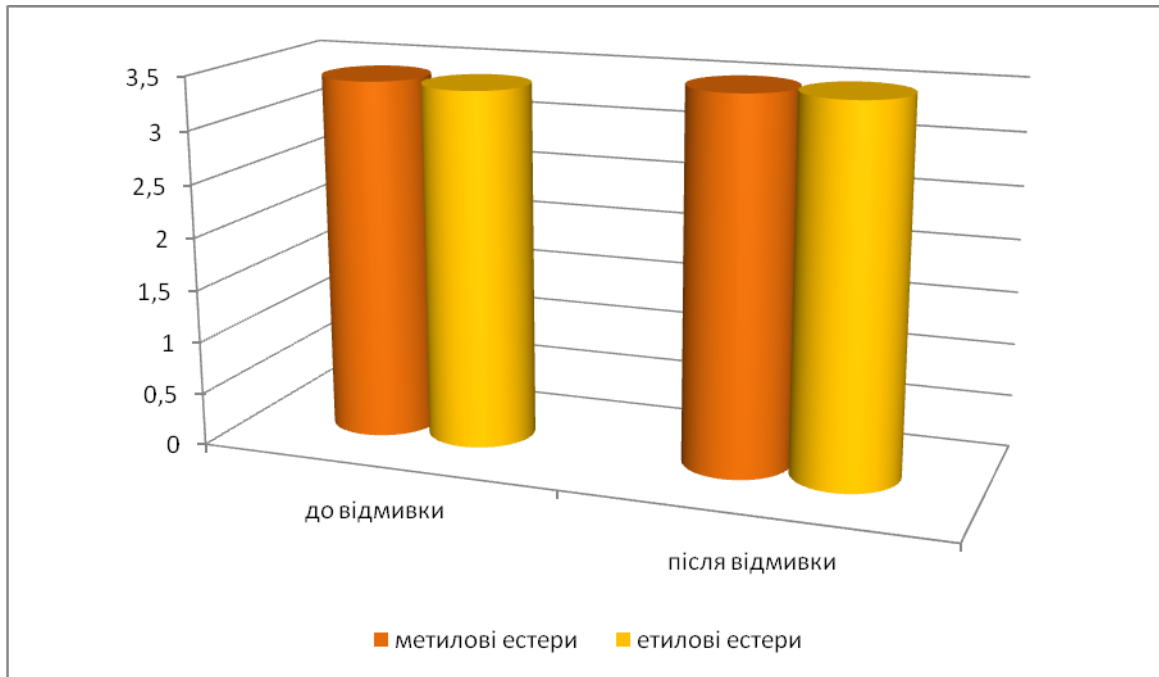


Рис. 2.2. Порівняння в'язкості отриманого біодизелю з етилового та метилового спирту до та після очищення

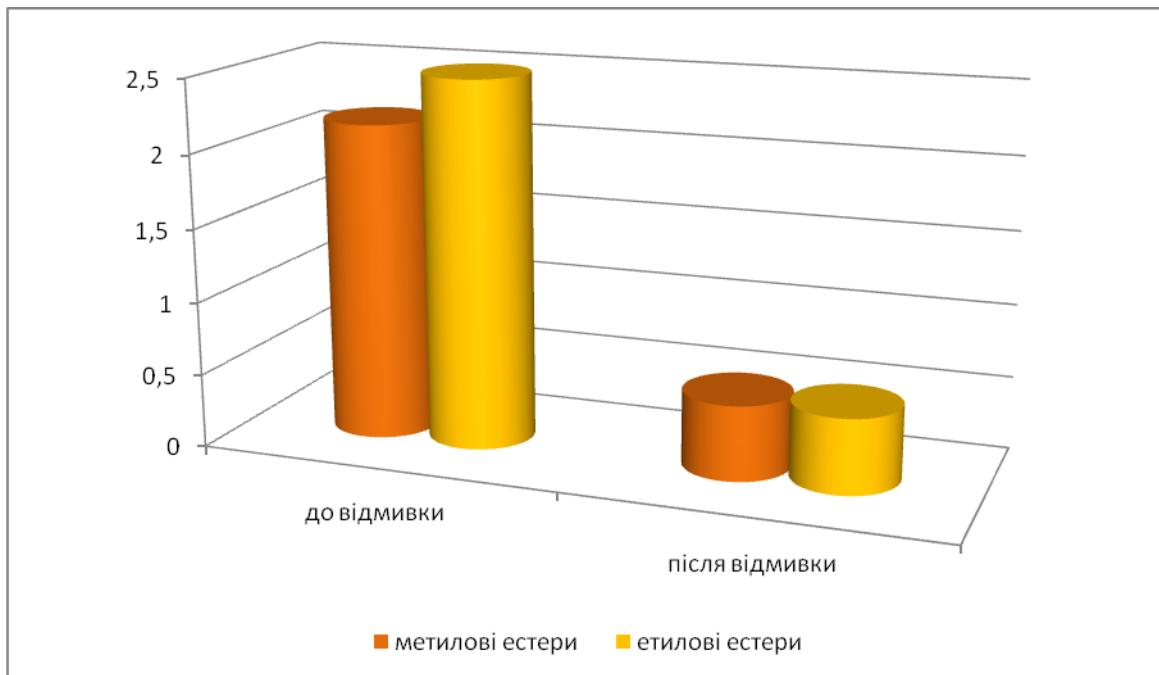


Рис. 2.3. Порівняння вмісту летких компонентів отриманого біодизелю з етилового та метилового спирту до та після очищення

## ВИСНОВКИ

Зараз вже проведено досить багато досліджень по отриманню біодизелю та розроблено різні методи проведення переестерифікації. Зокрема –це методи гомогенного та гетерогенного каталізу з використанням кислотних, та лужних каталізаторів, використання ензимів у якості каталізатору та метод отримання біодизелю у надкритичних умовах. Метод гомогенного лужного каталізу, не дивлячись на деякі його недоліки та переваги, зараз у світі займає головне місце, а інші методи, як правило, взагалі не реалізовані в промисловості. Цей метод також найбільше підходить і для реалізації на території України через свою простоту, незначні затрати енергії на його проведення та можливість реалізації виробництва у вигляді невеликих установок.

Отже, в роботі досліджено:

- процес синтезу та очищення отриманого біодизелю з етилового та метилового спиртів;
- визначено такі параметри якості отриманого продукту до та після очищення як: густина, в'язкість, вміст летких компонентів (цей параметр залежить від наявності залишкового спирту в отриманому продукті);
- визначено здатність біодизелю утворювати емульсію (цей параметр характеризує наявність домішок продуктів неповного перетворення в біодизелі та мила).

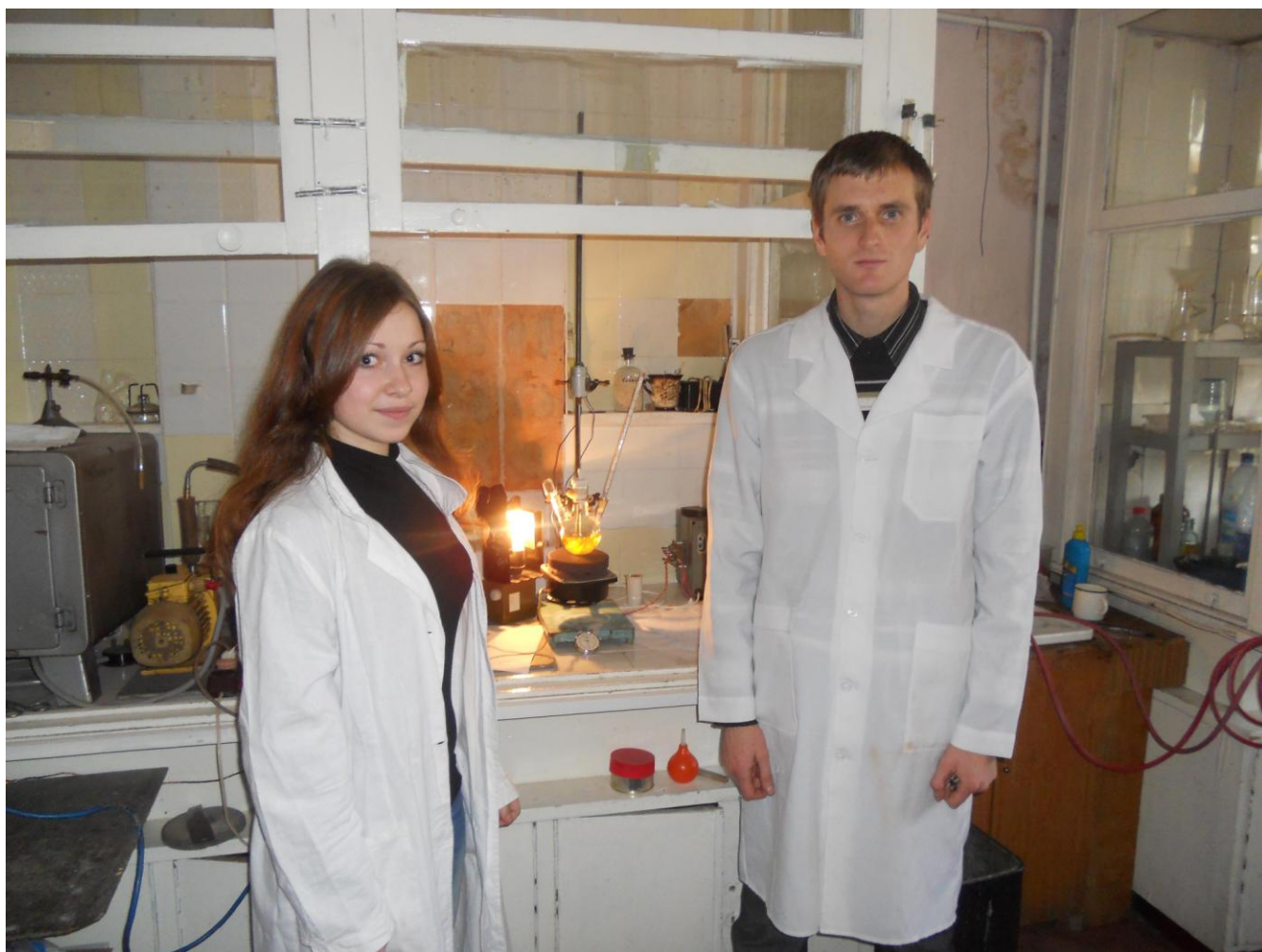
Як видно з дослідження, біодизель до очищення мав значний вміст летких компонентів (головним чином спирту) та утворював при взаємодії з водою дуже густу емульсію, що свідчить про низьку якість продукту. Після очищення біодизелю промивним розчином, якість біодизелю поліпшилась в значній мірі, про що свідчать представлені таблиці та діаграми. При порівнянні параметрів отриманого біодизеля з вимогами стандарту, видно що досліджені параметри в цілому відповідають цим вимогам.

Отже, при створенні технології отримання біодизелю потрібно враховувати що вона повинна мати не тільки стадію синтезу, а і стадію очищення отриманого продукту. Цей факт дуже часто нехтується народними умільцями.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бірюков А, Солярка зі спирту: новій технології потрібні інвестори // Фермерське господарство. – 2009. – №25. – С20-21
2. В. А. Дубровин, С. В. Драгнев, Технологии и технические средства производства биодизельного топлива из растительных масел // Аграрна техніка та обладнання. 2008.№2 С.67-73
3. . Мироненко , В.Г. Поліщук , В.М. Тарасенко , С.Є. Поліщук , О.В. технології та технічні засоби виробництва біодизеля // Енергетика і автоматика. – 2010. – №2
4. . Біопалива (технології, машини і обладнання) /В.О. Дубровін, М.О.Корчемний, І.П.Масло, О. Шептицький, А. Рожковський, З. Пасторек, А. Гжибек, П. Євич, Т. Амон, В.В.Криворучко. – К.: ЦТІ "Енергетика і електрифікація", 2004. — 256 с.
5. [uk.wikipedia.org/wiki/Біодизель](http://uk.wikipedia.org/wiki/Біодизель)
6. [http://dt.ua/SCIENCE/biodizel\\_\\_aktualna\\_ideya\\_stolitnoyi\\_davnini-45674.html](http://dt.ua/SCIENCE/biodizel__aktualna_ideya_stolitnoyi_davnini-45674.html)

## ДОДАТОК



Проведення досліджень за участю співкерівника роботи старшого лаборанта Ющенко С.Л.



Лабораторія де проводилися дослідження