

DOI 10.18372/2310-5461.41.13531

УДК 662.756.3-048.58(477)(045)

**І. В. Матвєєва**, д-р техн. наук, доц.  
Національний авіаційний університет  
orcid.org/0000-0002-8636-0538  
iryna.valeriyvna.matvieieva@gmail.com

**А. В. Яковлєва**, канд. техн. наук  
Національний авіаційний університет  
orcid.org/0000-0002-7618-7129  
anna.yakovlieva@nau.edu.ua

**С. О. Зубенко**  
Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії  
ім. В. П. Кухаря НАН України  
orcid.org/0000-0003-2161-5939  
stepanator@i.ua

**А. В. Гудзь**  
Національний авіаційний університет  
orcid.org/0000-0003-1471-3688  
algudz@ukr.net

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗШИРЕННЯ СИРОВИННОЇ БАЗИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА В УКРАЇНІ

### Вступ

Стрімкий розвиток світової економіки супроводжується високими темпами споживання первинних джерел енергії. За останні роки світове споживання основних енергоносіїв промислового значення перевищило 10 млрд т. н. е./р [1; с. 20].

Значне збільшення кількості автомобільного транспорту останніми роками призвело до великого попиту на нафтопродукти. Проте, за прогнозованими оцінками, запасів нафти вистачить лише на декілька десятиліть. Як наслідок, виснаження запасів нафти викличе істотний вплив на транспортний сектор. У зв'язку з цим, у світі сьогодні спостерігається активний пошук альтернативних видів палива [1; с. 32]. Використання біопалив замість звичайних видів палив є досить актуальною проблемою для нашої держави зокрема, оскільки Україна належить до енергодефіцитних країн, і має порівняно незначні запаси нафти та газу.

### Аналіз досліджень і публікацій

Питання виробництва і використання альтернативних палив, зокрема, біопалив, завдяки їх загальній високій важливості, закономірно знаходить широкий відгос у наукових працях вітчизняних і закордонних учених. Так, праці С. В. Бойченка, А. В. Яковлєвої присвячені дослідженням у галузі виробництва та використан-

ня альтернативних авіаційних палив з відновлюваної сировини [2–3]. У працях Г. І. Демидась, Р. В. Стадники, Х. М. Онисько розглянуто кінетику екстрагування олії з насіння рижю, яка може бути використана як сировина для виробництва біодизельного палива [4–6]. Результати експериментальних досліджень дають змогу отримувати у подальшому високоякісну конкурентно-спроможну сировину для отримання біодизельного палива, що відповідало б необхідним стандартам якості.

У працях В. Рожкована, Д. Д. Матієвського, С. П. Кулманакова, С. В. Лебедева розглянуто переваги вирощування рижю перед ріпаком, як альтернативи для виробництва біодизелю, наведено результати досліджень біологічних особливостей та формування врожаю рижю посівного [7; 8].

Загалом, праці наведених вище авторів доводять переваги виробництва та використання альтернативних моторних палив над традиційними нафтовими паливами. Вважається, що виготовлення альтернативних моторних палив у найближчі роки буде максимально вигідним для української економіки.

Основний споживач палива в усьому світі — автомобільний транспорт (2575 млн станом на 2017 р.) [9]. В структурі автомобільного транспорту України переважають легкові автомобілі з

бензиновими двигунами (понад 85 %), дизельних налічується близько 13 %, а газобалонних менш ніж 1,5 % (рис. 1) [9].

Транспорт, як галузь народного господарства — один із наймогутніших чинників антропогенного впливу на довкілля. Деякі види цього впливу, зокрема забруднення повітря і посилення шуму, належать до найсерйозніших техногенних навантажень на компоненти довкілля окремих регіонів, особливо великих міст [2; 9].

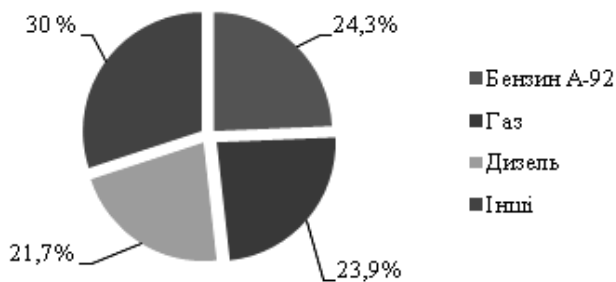


Рис. 1. Структура автотранспортного ринку України станом на 2017 р.

Зі зростаючою стурбованістю щодо зменшення запасів викопних енергетичних ресурсів та мінімізації впливу на навколишнє середовище, підвищується інтерес до вивчення альтернатив-

них джерел енергії, зокрема альтернативних моторних палив або біопалив.

### Сучасний стан розвитку біопаливної галузі

Ураховуючи стрімкий розвиток технологій, сьогодні у світі існує велике різноманіття альтернативних моторних палив. Зокрема, значного поширення набули біопалива; у першу чергу завдяки можливості подолання неспинної зміни клімату, спричиненої викидами вуглекислого газу та зменшенню залежності від нафтових ресурсів. Протягом останніх десятиріч учені досліджують можливості використання різноманітних видів біомаси з метою їх переробки на біопалива.

Очевидно, що різні види сировини значно відрізняються один від одного, у першу чергу за хімічною природою: лігноцелюозна біомаса, біомаса з високим умістом жирів (рослинні олії, тваринні жири), біомаса з високим умістом цукру та крохмалю (картопля, кукурудза, цукрові буряки та ін.).

Існуюче сьогодні різноманіття технологій переробки біомаси відповідно до складності та ступені зрілості технології прийнято класифікувати за поколіннями (рис. 2).



Рис. 2. Покоління біопалив

Біопаливо *першого покоління* отримують, використовуючи традиційні технології з рослинних і тваринних жирів, а також крохмалю та цукру.

Здебільшого джерела сировини відносяться до продуктової групи, що викликає хвилю критики, оскільки виробництво біопалива скорочує кількість продуктів і викликає зростання їх вартості. Інший недолік — такий вид біопалива досить коштовний, для його виробництва потрібна додаткова підтримка (субсидування) держави.

Біопаливо *другого покоління* — це паливо, яке отримане різними методами піролізу біомаси, або інші палива, відмінні від метанолу, етанолу, біодизеля. Швидкий піроліз дозволяє перетворити біомасу на рідину, яку легше і дешевше транспортувати, зберігати і використовувати.

З рідини можна зробити автомобільне паливо або паливо для електростанцій.

Біопаливо *третього покоління* — це перспективна технологія, що дає змогу отримувати

дешево біопаливо після переробки водоростей. Водорості — це високопродуктивна і водночас дешева сировина. З одного гектара водоростей можна отримати в 30 разів більше енергії, ніж з гектара сої. Проблемним є питання відведення площ, на яких буде проводитися вирощування водоростей у промислових масштабах.

Новітнє досягнення у виробництві біопалива — це біопаливо *четвертого покоління*. Під час вироблення цієї сировини використовуються певні мікроорганізми, що за допомогою фотосинтезуючих клітин зможуть виробляти біопаливну сировину протягом деякого часу (точніше — кілька циклів фотосинтезу). Для забезпечення життєдіяльності мікроорганізми використовують вуглекислий газ.

Подібні розробки в галузі альтернативної енергетики дозволять знизити до мінімуму споживання органічних ресурсів природи і підштовхнуть людство до нової продуктивної гілки енергоефективного розвитку [10].

Одним з найпоширеніших у світі видів біопалива сьогодні вважається біодизельне, що розглядають як альтернативу нафтовому дизельному паливу для двигунів внутрішнього згоряння. На думку вчених [11; с. 247–248], біодизельне паливо характеризується властивостями, що подібні мінеральному дизельному паливу.

На сьогодні існує успішний досвід використання біодизельного палива, як у чистому вигляді, так і в сумішах із нафтовим дизельним паливом. Найпоширенішою є суміш з 20 % біодизеля і 80 % нафтового дизельного палива (європейське позначення «B20»). При цьому як дослідники, так виробники, а також водії автотранспортних засобів відмічають низку переваг біодизельного палива:

– біодизельне паливо може використовуватися в існуючих двигунах без будь-яких конструктивних змін;

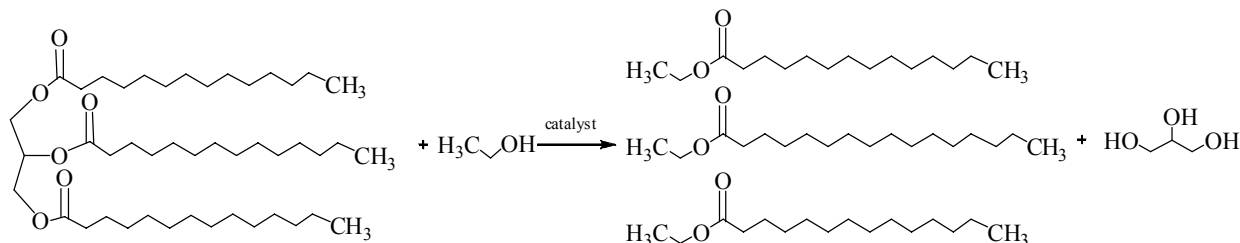


Рис. 3. Хімічна реакція перестерифікації тригліцеридів жирних кислот олій етиловим спиртом

Ураховуючи державну підтримку та сприяння упровадженню альтернативних моторних палив, в Україні було розроблено та упроваджено Державні стандарти на вимоги до якості біодизельного палива.

Так, сьогодні його якість регламентується:

– біодизельне паливо виготовляється виключно з відновлювальної сировини, практично не містить сірки, ароматичних вуглеводнів та металів;

– біодизельне паливо володіє високим рівнем пожежної безпеки;

– біодизельне паливо володіє кращими змащувальними властивостями порівняно з нафтовим дизельним паливом;

– молекули біодизельного палива містять у своєму складі кисень, завдяки чому зменшуються викиди оксиду вуглецю, порівняно з дизельним паливом;

– використання біодизельного палива не сприяє глобальному потеплінню, адже викиди CO<sub>2</sub> поглинаються рослинами, що у подальшому використовуються як сировина для виробництва палива;

– використання біодизельного палива підвищує паливну або енергетичну безпеку та незалежність держави.

### Виробництво та використання біодизельного палива в Україні

Поняття — біодизельне паливо розуміють як відновлюваний екологічно чистий вид моторного палива, що отримують переестерифікацією рослинних олій та/або тваринних жирів у присутності лужного каталізатора.

На рис. 3 наведено рівняння хімічної реакції перестерифікації тригліцеридів жирних кислот олій етиловим спиртом.

За хімічним складом біодизельне паливо є сумішшю естерів насичених і ненасичених жирних кислот різної будови, що містяться у оліях/жирах.

Залежно від спирту, що використовується для переестерифікації, виділяють метилові естери (МЕ), етилові естери (ЕЕ), рідше бутилові (БЕ).

– ДСТУ 6081:2009 «Паливо моторне. Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні умови»;

– ДСТУ 7178:2010 «Паливо альтернативне. Естери етилові жирних кислот олій та жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги та методи контролювання»;

Окрім того, ДСТУ 7688:2015 «Паливо дизельне Євро. Технічні умови» і ДСТУ 8695:2016 «Паливо альтернативне для дизельних двигунів. Технічні умови», а також — Технічний регламент щодо вимог до автомобільних бензинів, дизельного, суднових і котельних палив передбачають використання метилових або етилових естерів жирних кислот у складі нафтових дизельних палив у кількості до 7 % [11; с. 248].

В умовах України основною сировиною для виробництва біодизелю прийнято вважати такі культури: ріпак, соняшник, рідше сою та кукурудзу. Традиційними сільськогосподарськими олійними культурами є кукурудза та соняшник. Сою та ріпак на території України почали вирощувати порівняно недавно. Так, протягом останніх 15–20 років ріпак був і залишається основною культурою, що вирощується з метою виробництва біодизельного палива. Якби ріпак мав самі лише корисні якості, його б вирощували, не задумуючись, майже всі сільгоспвиробники. Проте ця культура має й вельми відчутні мінуси. Ріпак виносить з ґрунту в 1,5 рази більше поживних речовин, аніж зернові культури. Ріпак дуже вимогливий до мінерального підживлення та умов його вирощування [11; с. 246–247]. У зв'язку з цим в останні роки рижій розглядають як достатньо перспективну культуру для вирішення науково-прикладних завдань щодо виробництва біодизельних палив [12].

#### Характеристика рижієвої олії як сировини для виробництва біодизельного палива

Рижій належить до родини капустяних роду *Camelina* та містить 15 видів, із яких найбільш широко культивується рижій посівний. Він вважається найменш вибагливим до умов вирощування порівняно з іншими олійними культурами.

Рижій характеризується високою холодостійкістю (насіenneвий матеріал проростає за 1 °С, а сходи легко витримують заморозки до мінус 12 °С) і водночас посухостійкістю.

Добре росте на всіх видах ґрунтів, окрім глинистих. Однією з основних біологічних особливостей рижію є короткий вегетаційний період, який у більшості регіонів вирощування культури становить 80–85 днів (завдяки цьому він досягає, і його з успіхом можна вирощувати в усіх регіонах України), що дає змогу не лише ефективно використовувати запаси вологи осінньо-зимових опадів, а й сформувати врожай завдяки опадам, що випадають у період вегетації [12–13].

Короткий вегетаційний період рижію дає змогу після його збирання вирощувати інші культури, а використання його для зайнятого пару дає змогу добре підготувати ґрунт та накопичити вологу до посіву озимих.

Окрім цього, на відміну від інших культур родини капустяних, він практично не заселяється шкідниками та не уражується хворобами, а це в період постійного збільшення цін на енергоносії та пестициди дає можливість значно знизити рівень витрат на його вирощування. Рижій достатньо врожайна культура: його потенційна врожайність може складати 20–30 ц/га. Насіння рижію містить понад 40–50 % олії та 25–32 % сирого протеїну [13; с. 69]. В олії рижію переважають ненасичені жирні кислоти з кількома подвійними зв'язками. Завдяки цьому олія відрізняється достатньо низькою температурою застигання — близько –18 °С, що забезпечуватиме у подальшому задовільні низькотемпературні властивості біопалив [13 с.71].

Однією з основних переваг рижієвої олії є те, що процес його вирощування не потребує особливих затрат, що відображається на собівартості олії.

З метою обґрунтування доцільності вирощування рижієвої олії як альтернативної сировини для виробництва біодизельного палива було проведено порівняльний аналіз основних агротехнічних характеристик культур рижію та ріпаку. Результати аналізу наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика властивостей ріпаку і рижію

Властивості	Рижій	Ріпак
Загальна характеристика	Однорічна рослина	Однорічна кормова рослина
Посухостійкість	Низька потреба у воді	Висока потреба у воді
Потенціал проростання	Підходять майже всі види ґрунтів	Вимоглива до ґрунту
Загроза зниження родючості ґрунту	Використовують як проміжну культуру, після збирання врожаю якої можна висаджувати інші культури	Виснажує ґрунти. Вирощувати ріпак на одному і тому ж місці можливо лише через 3–4 роки
Наявність бур'янів	Виділяється ефірна олія, що пригнічує ріст та розвиток бур'янів від фази утворення стебла до повної дозрілості насіння	Велика кількість бур'янів
Втрати насіння	Висока стійкість стручків проти розтріскування	Низька стійкість стручків проти розтріскування
Вразливість посівів шкідниками	Шкідники та хвороби не виявлені	Сильно вражається шкідниками
Період вегетації	60–75 днів	90–100 днів

Проаналізувавши дані, наведені в табл. 1, можна зробити висновок, що рижій має більший потенціал порівняно з ріпаком, у першу чергу завдяки його стійкості до несприятливих ґрунтових і кліматичних умов.

У результаті, це дає можливість вирощувати його на ґрунтах низької якості, непридатних для інших культур.

Крім того вирощування насіння рижію є екологічно безпечним, адже рижій характеризується

надзвичайною пластичністю до агроєкологічних умов вирощування, не вимагає застосування добрив, пестицидів і фунгіцидів [13; с. 75].

Надалі було проведено порівняльний аналіз основних показників якості зразків біодизельних палив на основі ріпакової та рижієвої олії.

Зразки біодизельних палив отримували на базі відділу каталітичного синтезу ІБОНХ ім. В. П. Кухаря НАН України за схемою, наведеною на рис. 4 [14].

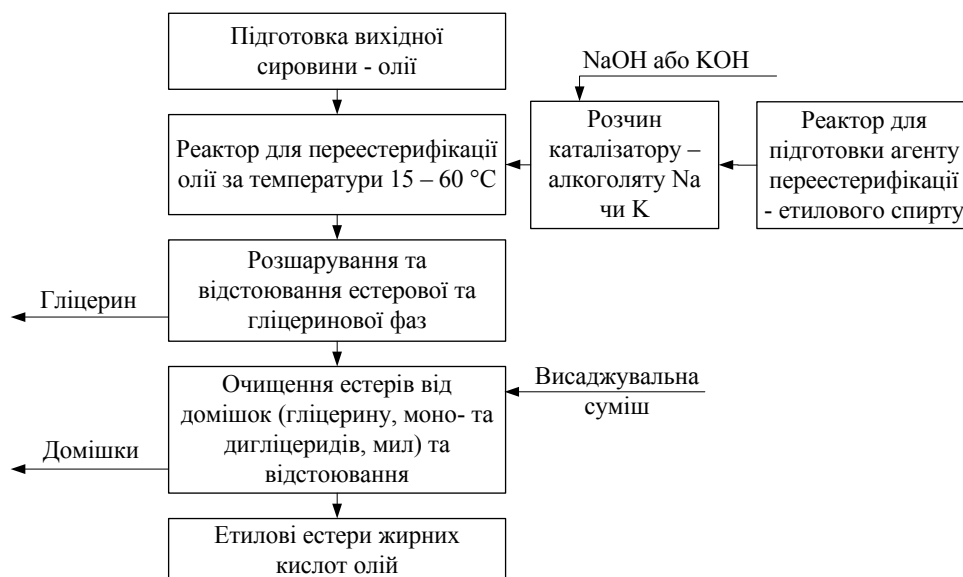


Рис. 4. Принципова блок-схема одержання біодизельного палива

На першому етапі готували вихідну сировину — рижієву та ріпакову олії; вона має бути належної якості: бути профільтрованою, не містити механічних домішок або забруднень. Окрім того, готували спирт як агент переестерифікації. У рамках дослідження використовували етиловий та метиловий спирти. На другому етапі готували розчин каталізатора переестерифікації — алкоголяту натрію, розчиняючи наважку лугу в усьому об'ємі вихідного спирту.

Далі олію завантажували у реактор, куди при перемішуванні додавали спирт з розчиненим каталізатором. Реакція алкоголізу перебігала за температури 15–60 °C. У результаті утворювалися естери та гліцерин. Заключним етапом є очищення естерів та утилізація або подальше перероблення гліцеринової фази [14].

Для дослідження показників якості використовували такі зразки біодизельного палива: МЕ ріпакової олії, ЕЕ ріпакової олії, ЕЕ соняшникової олії, а також ЕЕ рижієвої олії. Якість зразків палива порівнювали з вимогами до якості традиційного дизельного палива ДСТУ 7688:2015 та вимогами до біодизельних палив (ДСТУ 6081:2009 та ДСТУ 6081:2009). Результати досліджень наведено у табл. 2. З даних, наведених у табл. 2,

можна побачити, що основні фізико-хімічні властивості зразків біопалив відрізняються від товарного дизельного палива. Це пояснюється різною хімічною будовою естерів жирних кислот, що входять до складу біодизельного палива та парафінових, нафтоєвих і ароматичних вуглеводнів, що складають мінеральне дизельне паливо.

Зокрема, зразки біодизельного палива мають достатньо високі значення густини, порівняно з вимогами до дизельного палива. У той же час, усі досліджені зразки цілком задовольняють вимоги стандартів на естери жирних кислот. При цьому для ЕЕ рижієвої олії характерне достатньо низьке значення густини.

Аналіз в'язкісних характеристик показує, що в'язкість зразків біодизельних палив задовольняє вимоги стандартів на естери жирних кислот. При цьому в'язкість ЕЕ рижієвої олії є найнижчою і цілком задовольняє вимоги до нафтового дизельного палива.

Усі з досліджених зразків біопалив володіють високою температурою спалаху, що є характерним для естерів жирних кислот. Такі значення температури спалаху дозволяють забезпечувати достатній рівень пожежної безпеки під час експлуатації біодизельного палива.

Таблиця 2

**Порівняльна характеристика показників якості зразків біодизельних палив та нафтового дизельного палива**

№ з/п	Характеристика	ДСТУ 7688:2015 (марка Л)	ДСТУ 6081:2009	ДСТУ 7178:2010	МЕ ріпакової олії	ЕЕ ріпакової олії	ЕЕ соняшникової олії	ЕЕ ріжівової олії
1	Густина за $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\text{кг}/\text{м}^3$	820—845	860-900	860—900	882,9	876,6	873,0	874,0
2	Фракційний склад, $^{\circ}\text{C}$ $t$ поч. кип., $^{\circ}\text{C}$ $t$ 50 % перегонки, $^{\circ}\text{C}$ за $t$ 250 $^{\circ}\text{C}$ випаровується, % за $t$ 350 $^{\circ}\text{C}$ випаровується, % $t$ 95 % перегонки, $^{\circ}\text{C}$	— — не >65 не <85 не >360	н/в	н/в	320,3 337,0 — — —	330,9 337,2 — — —	276,2 329,3 — — —	321,5 338,0 — — —
3	В'язкість, $\text{мм}^2/\text{с}$ , за $t$ 40 $^{\circ}\text{C}$	2,00—4,50	н/в	3,5—5,0	4,5	4,6	4,7	4,1
4	Температура спалаху, $^{\circ}\text{C}$	не < 55	не < 120	не < 101	130	170	>168	>175
5	Температура застигання, $^{\circ}\text{C}$	н/в	н/в	н/в	- 15	-18,5	-14	-12
6	Гранична температура фільтрування, $^{\circ}\text{C}$	не >-5	н/в	н/в	- 13	- 7	- 10	-11
7	Вища теплота згорання, $\text{кДж}/\text{кг}$	н/в	н/в	н/в	37315	40271	39145	39842
8	Змащувальна здатність: навантаження до задирання, Н	н/в	н/в	н/в	961	763	—	2644
9	Корозія на мідній пластинці	клас 1	н/в	клас 1	1	1	1	1

Низькотемпературні властивості зразків біодизельних палив істотно відрізняються від таких для нафтового дизельного палива. Значення температури застигання та граничної температури фільтрування є типовими для естерів жирних кислот та зумовлюються хімічною будовою їх молекул. Враховуючи вимоги до граничної температури фільтрування літнього дизельного палива (марка Л), доходимо висновку, що всі з досліджених зразків біопалив можуть використовуватися як заміна або додаток до мінерального палива.

Як відомо, масова теплота згорання естерів жирних кислот є нижчою ніж у нафтового дизельного палива, що може негативно відобразитися на потужності двигуна. У той же час, враховуючи вищу густину біопалив, об'ємна теплота згорання біодизельного та нафтового дизельного палива буде відрізнятися не істотно. Серед досліджених зразків найвищою теплоотою згорання володіють ЕЕ ріпакової та ріжівової олій.

Корозію на мідній пластині, як для нафтового дизельного палива, так і для зразків біопалив відносить до першого класу.

Відомо, що одним з важливих експлуатаційних показників дизельного палива є його змащувальні властивості. Для забезпечення високої змащувальної здатності нафтові дизельні палива містять сполуки сірки, що у той же час є джерелом шкідливих викидів оксидів сірки. У зв'язку з цим сьогодні вміст сполук сірки в дизельних

паливах жорстко нормується. Дослідження біопалив показали, що їх змащувальна здатність є значно вищою порівняно з нафтовими дизельними паливами. Серед досліджених зразків найвищі значення відмічено саме для ЕЕ ріжівової олії. При цьому естери жирних кислот олій практично не містять сполук сірки. Таким чином використання їх як альтернативи або додатку до дизельних палив забезпечить високі експлуатаційні властивості, а також дозволить підвищити екологічність викидів відпрацьованих газів.

### Висновки

У статті розглянуто можливості розширення сировинної бази для виробництва біодизельного палива через використання олій ріжівової посівного.

Проведено порівняльний аналіз агротехнічних характеристик таких олійних культур як ріпак та ріжів, що використовують сьогодні як сировину для виробництва біопалив. Показано низку переваг ріжів, як альтернативи ріпаку, зокрема його високу агроекологічну пластичність, коротший вегетаційний період, що сприяє вирощуванню його як проміжної культури в післязакісних посівах, а також його стійкість до несприятливих ґрунтових і кліматичних умов, завдяки чому є можливість вирощувати його на низькородючих ґрунтах, не придатних для культивування інших сільськогосподарських культур.

Проведено порівняльний аналіз показників якості зразків біодизельного палива на основі

метилових та етилових естерів соняшникової, ріпакової та рижієвої олії та вимог до якості біодизельного палива на основі метилових та етилових естерів олій та нафтового дизельного палива марки Євро. Показано, що фізико-хімічні та експлуатаційні властивості зразків досліджених біопалив, зокрема на основі рижієвої олії, цілком задовольняють вимоги стандартів на біодизельне паливо. При цьому біопаливо на основі рижієвої олії за деякими показниками перевищує якість інших досліджених зразків і задовольняє вимоги до якості нафтового дизельного палива.

Таким чином, у результаті проведеного дослідження дійшли висновку, що рижієва олія може бути ефективно використана для виробництва біодизельного палива і використання для повної або часткової заміни традиційного нафтового дизельного палива. При цьому, використання рижієвої олії має низку переваг над ріпаковою олією, як з точки зору її агротехнічних характеристик, так і якісних характеристик біопалива на її основі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. **Кюрчев В. М.**, Дідур В. А., Грачова Л. І. Альтернативне паливо для енергетики АПК / за ред. А. С. Кушнарєва, А. Т. Лебедева // Київ: «Аграрна освіта», 2012. С. 15–32.
2. **Яковлева А. В.**, Бойченко С. В. Застосування біопалив для повітряно-реактивних двигунів з метою покращення їх екологічних характеристик. *Авиационно-космическая техника и технология*. 2012. № 7. С. 60–64.
3. **Бойченко С. В.**, Яковлева А. В., Бондарук А. В. Сировинний потенціал рижію для отримання компонентів модифікування складу авіаційного палива//Наукоємні технології. № 1. 2016. С. 123–127.
4. **Демидась Г. І.**, Квітко Г. П., Гетман Н. Я. Рижій посівний — олійна культура альтернативна ріпаку ярому для виробництва біодизеля. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2011. Вип. 8 (48). С. 3–8.

**Матвєєва І. В., Яковлева А. В., Зубенко С. О., Гудзь А. В.**

#### ПЕРСПЕКТИВИ РОЗШИРЕННЯ СИРОВИННОЇ БАЗИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА В УКРАЇНІ

Стаття присвячена розгляду перспектив розширення сировинної бази для виробництва біодизельного палива в Україні. Розглянуто стан паливно-енергетичного та транспортного сектору України. Показано, що однією із найактуальніших проблем енергетики України є скорочення споживання власних нафтопродуктів, і, як наслідок пошук нових відновлюваних джерел енергоресурсів. Представлено огляд сучасного стану розвитку біопаливної галузі в Україні та світі, зокрема у галузі виробництва біодизельного палива. Наведено основні нормативно-технічні документи щодо виробництва та використання біодизельного палива. Розглянуто доступні на сьогодні сировинні ресурси, що можуть застосовуватися для виробництва біодизельного палива — усі види рослинних олій, що є традиційними для України (соева, соняшникова, кукурудзяна), але найчастіше ріпакова олія та порівняно нова рижієва олія. Проведено порівняльний аналіз агротехнічних характеристик ріпакової та рижієвої олії. Показано, що культура рижію характеризується високою холодо- і посухостійкістю, меншою вимогливістю до родючості ґрунтів і особливо до застосування хімічних засобів захисту від

5. **Семенішин Є. М.**, Стадник Р. В., Онисько Х. М. Кінетика екстрагування олії з насіння рижію посівного. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Хімія, технологія речовин та їх застосування*. 2014. № 787. С. 337–343.

6. **Вірówka М. І.** Фізико-хімічні властивості альтернативного пального на основі рослинних олій. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2002. № 86. С. 23–26.

7. **Матіевський Д. Д.**, Кулманаков С. П., Лебедев С. В., Шашев А. В. Применение топлива на основе рапсового масла в дизелях. *Ползуновский вестник*. 2006. № 4. С. 118–127.

8. **Рожкован В.** Рижій — альтернативна олійна культура та перспективи її розвитку. *Пропозиція*. 2003. №1. С46–47.

9. **Статистичні дані** по галузі автомобільного транспорту. URL: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-po-galuzi-avtomobilnogo-transportu.html> (дата звернення 5 січня 2019 р.).

10. **Альтернативна енергія**. URL: <https://alternative-energy.com.ua> (дата звернення 29 січня 2019 р.).

11. **Бойченко С. В.**, Пушак А., Топільницький П., Лейда К. Моторні палива. Центр учбової літератури, 2017. С. 245–248.

12. **Мармітко В. Г.** Практичні аспекти реалізації стратегії розвитку альтернативних видів палива. Матеріали науково-практичної конференції «Біопаливо та відновлювальні джерела енергії, проблеми і перспективи розвитку». Вінниця, 2006.

13. **Рахметов Д. Б.**, Рахметова С. О., Бойчук Ю. М., Блюм Я. Б., Ємець А. І. Фізіологічні та морфометричні характеристики нових форм та сортів ярого рижію (*Camelina sativa*). *Вісник українського товариства генетиків і селекціонерів*. 2014. Т. 12. № 1. С. 65–77.

14. **Iakovlieva A.**, Lejda K., Vovk O. Improvement of technological scheme of fatty acids ethyl esters production for use as jet fuels biocomponents. *International Journal of Theoretical and Applied Science*. 2014. Iss. 11(19). P. 44–55. DOI: 10.15863/tas.2014.11.19.9.

шкідників та хвороб, що майже у двічі знижує собівартість насіння. Проведено порівняльний аналіз зразків біодизельних палив на основі метилових та етилових естерів ріпакової та ріжжієвої олії. Сформульовано та наведено переваги використання ріжжієвої перед ріпаковою, як альтернативи для виробництва біодизельного палива. Показано, що фізико-хімічні та експлуатаційні властивості зразків досліджених біопалив, зокрема на основі ріжжієвої олії, цілком задовольняють вимоги стандартів на біодизельне паливо. У результаті проведеного дослідження зроблено висновок, що ріжжієва олія може бути ефективно використана для виробництва біодизельного палива і використання для повної або часткової заміни традиційного нафтового дизельного палива.

**Ключові слова:** альтернативне паливо; біопаливо; біодизельне паливо; ріжжієва олія; естери жирних кислот; фізико-хімічні властивості.

**Matvieieva I. V., Yakovlieva A. V., Zubenko S. O., Hudz A.V.**

## **PERSPECTIVES OF FEEDSTOCK BASE EXPANSION FOR BIODIESEL FUEL PRODUCTION IN UKRAINE**

*Article is devoted to the study of perspectives of feedstock base expansion for production of biodiesel fuels in Ukraine. It is shown that one of the most relevant problems of Ukrainian energy sector is shortening of consumption of own oilproducts. The state of fuel-energy and transport sector of Ukraine and, thus, the search for new renewable energy sources is considered. The overview of the modern state of biofuel industry, biodiesel fuels production in particular, is presented in the article. The main normative-technical documents in sphere of production and use of biodiesel fuel is given and analyzed. The available nowadays feedstock resources, which may be used for biodiesel fuel production were considered — all vegetable oils, which are typical for Ukraine (sunflower, soybean, corn), but more often rapeseed oil and comparatively new camelina oil. The comparative analysis of agronomical characteristics of rapeseed and camelina oils was done. It is shown that camelina is characterized by high cold-temperature and drought resistance, low needs in fertile soils and necessity in fertilizers and herbicides. Due to this the cost of camelina seeds is in two times lower than average. The comparative analysis of samples of biodiesel fuels based on methyl and ethyl esters of rapeseed oil and camelina oil was done. The advantages of using camelina oil instead of rapeseed oil as an alternative for production of biodiesel fuels were formulated and presented. It is shown that physical-chemical and exploitation properties of studied samples of biofuels, based on camelina oil in particular, completely satisfy requirements of standards for biodiesel fuel. In a result of this study we have done the conclusion that camelina oil can be effectively used for production of biodiesel fuel and also for using as a partial or total substituent of conventional oil-derived diesel fuel.*

**Keywords:** alternative fuel; biofuel; biodiesel fuel; camelina oil; fatty acids esters; physical-chemical properties.

**Матвеева И. В., Яковлева А. В., Зубенко С.А., Гудзь А. В.**

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАСШИРЕНИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В УКРАИНЕ**

*Аннотация. Данная статья посвящена рассмотрению перспектив расширения сырьевой базы для производства биодизельного топлива в Украине. Показано, что одной из самых актуальных проблем энергетики Украины является сокращение потребления собственных нефтепродуктов. Рассмотрено состояние топливно-энергетического и транспортного сектора Украины, и, как следствие, поиск новых возобновляемых источников энергоресурсов. Представлен обзор современного состояния развития биотопливной отрасли в Украине и мире, в частности в области производства биодизельного топлива. Приведены основные нормативно-технические документы относительно производства и использования биодизельного топлива. Рассмотрены доступные на сегодня сырьевые ресурсы, которые могут применяться для производства биодизельного топлива — все виды растительных масел, которые являются традиционными для Украины (соевое, подсолнечное, кукурузное), но чаще рапсовое масло и сравнительно новое рыжиковое масло. Проведен сравнительный анализ агротехнических характеристик рапсового и рыжикового масла. Показано, что культура рыжика характеризуется высокой холодо- и засухоустойчивостью, меньшей требовательностью к плодородию почв и, особенно, к применению химических средств защиты от вредителей и болезней, что почти в два раза снижает себестоимость семян. Проведен сравнительный анализ образцов биодизельных топлив на основе метиловых и этиловых эфиров рапсового и рыжикового масла. Сформулированы и приведены преимущества использования рыжикового масла перед рапсовым, как альтернативы для производства биодизельного топлива. Показано, что физико-химические и эксплуатационные свойства образцов исследованных биотоплив, в частности на основе рыжикового масла, полностью удовлетворяют требования стандартов на биодизельное топливо. В результате проведенного исследования сделано вывод, что рыжиковое масло может быть эффективно использовано для производства биодизельного топлива, а также использования для полной либо частичной замены традиционного нефтяного дизельного топлива.*

**Ключевые слова:** альтернативное топливо; биотопливо; биодизельное топливо; рыжиковое масло; эстеры жирных кислот; физико-химические свойства.

Стаття надійшла до редакції 29.01.2019 р.

Прийнято до друку 07.03.2019 р.