

УДК 664 + 662

**А. П. Ранський**, д. х. н., проф.;**М. Ф. Ткачук**;**Л. М. Тютюнник**, к. т. н., доц.;**Н. В. Алпатова**;**А. А. Ранська**;**Р. В. Петрук**;**С. Р. Бойко**

## **БІОПАЛИВО. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ**

*Розглянуто проблеми та перспективи використання біопалива, як відновлювального виду енергії у світі та Україні. Наведено аналітичні дані технологічних аспектів виробництва та промислового використання біоетанолу та біодизеля.*

### **Вступ**

Виробництво біопалива, як альтернативного виду палива для двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ), активно розвивається на світовому паливо-енергетичному ринку. Це пов'язано з неминучим підвищенням цін на природні енергоносії: нафту і газ (основу мінерального палива ДВЗ), а також бажанням провідних економічно розвинених країн зменшити екологічне навантаження на довкілля через зменшення кількості токсичних викидів у складі випускних газів ДВЗ. При цьому у біопаливній енергетиці простежуються дві тенденції, що розвиваються паралельно: виробництво та використання етилового спирту у складі бензинів (цукровий буряк, цукрова тростина, зернові культури, солома), а також метилових естерів олійних культур у складі дизельного палива (рапс, соя, кукурудза, соняшник). Зазначена раніше причинна взаємозалежність, що спонукає бурхливе виробництво та використання біопалива у світі, дуже важлива для України і може розглядатись сьогодні як невід'ємна складова зменшення залежності держави від імпорту нафти і газу інших країн світу. Виходячи з цього, а також гострого дефіциту в Україні основних джерел енергії: нафти, газу і, частково, високоякісного (кокового) вугілля, складного екологічного стану (розвинена машинобудівна, металургійна, гірничодобувна та хімічна промисловість, що спричиняють утворенню величезних щорічних кількостей відходів та відсутність необхідних капіталовкладень у новітні технології), перспективною є розробка та впровадження у виробництво альтернативного, екологічно чистішого біопалива.

### **Стратегія розвитку**

Біопаливо є однією із вагомих складових відновлювальної енергії, глобальні інвестиції у яку на 01.01.2005 р. склали 150 млрд дол. США (20 % світових інвестицій енергосектора), а її обсяг досяг 160 ГВт (4 % світових обсягів виробництва енергії). При цьому за останні п'ять років щорічне зростання виробництва біодизеля склало 20 %, а біоетанолу — 11 %, що кількісно визначається на 01.01.2005 р., відповідно, в 2,2 та 31,0 млрд л на рік [1—3]. Світовими лідерами є Бразилія, США [4], Японія, Індія, Китай, країни Євросоюзу (Германія, Великобританія Франція) [5, 6]. Світовий ринок країн, що інтенсивно розвивають цю галузь, у найближчому майбутньому доповнять Росія та Казахстан [7—10]. Росія готує ряд державних та федеральних (Ростовська область) законів та нормативів відносно мінімального акцизу на моторний етанол та норми на його обов'язкове використання на внутрішньому ринку (до 5 %). Казахстан в кінці 2006 р. ввів у експлуатацію перший завод по виробництву біоетанолу.

В Україні у 2005 році було вироблено 288 млн л біоетанолу з використанням лише на 50 % потужностей вітчизняних підприємств спиртової промисловості (було задіяно лише 35 спиртових заводів). Планувалось обов'язкове введення до складу вітчизняних бензинів до 2 % біоетанолу [11]. При цьому в Україні залишаються не урегульованими на державному рівні законодавчі питання відносно монополії ДК «Укрспирт» на виробництво, продаж, експорт і імпорт етилового спирту, що, в свою чергу, гальмує будівництво заводів, наприклад, з виробництва етанолу з крохмалю (США), або із соломи (Канада), а також сумісного виробництва біодизельного палива (Германія) [12] тощо.

Нами не знайдено офіційних даних щодо виробництва біопалива для дизельних ДВЗ в Україні. Мабуть моноблочні установки великої потужності більше 10,0 тис. тонн на рік ще не збудовано, а

модульні установки невеликої потужності від 300 до 3000 тонн на рік з перероблення масляничних культур не афішуються, в зв'язку з використанням при цьому токсичного метилового спирту [13].

Важливими факторами, що визначають стратегію світового розвитку біопалива, є нафтові ціни, що в останній час складають 40...60 дол. США за барель. За аналітичними прогнозами тенденція збільшення нафтових цін в інтервалі 40...120 дол. США за барель буде характерною на майбутні 10—20 років. Так, фахівці компанії «Башнефть — юг» прогнозують, що при таких цінах на нафту біопаливо стає конкурентноспроможним і втрачає головну свою вагу — високу собівартість. Але при цьому необхідно констатувати вкрай незначну долю біопалива в загальній кількості енергоносіїв (бензини, дизпалива), що вказує на те, що визначити їх ціну на світовому ринку будуть все ж таки провідні нафтодобувні та нафтопереробні компанії світу. Пшениця, кукурудза та олійні культури, як харчові складові з максимальною потенційною цінністю, будуть використовуватись як їжа, а задовольнивши людські потреби в ній, при економічній доцільності стає можливим виробництво і використання їх як біопалива. В цьому контексті, на наш погляд, головною метою світової біопаливної промисловості є формування та підтримка адекватних цін на зернові та масляничні культури в порівнянні з цінами на природні вуглеводневі енергоносії, а вже потім заповнення біопаливом вільної ніші у світовій енергоіндустрії.

Існує ще одна особливість розвитку світового ринку біопалива, яка стосується зменшення його собівартості та збільшення конкурентоспроможності у порівнянні з природними вуглеводнями. Так провідні країни світу, що входять до International Energy Agency, протягом 1999—2001 років вклали в наукові дослідження цієї галузі щорічно в середньому по 730 млн дол. США. Це стосувалось, в першу чергу:

- можливості використання клітчатки в якості сировини (відходів паперової та харчової промисловості, деревини, соломи, рисового та соняшникового лушпиння, тощо);
- розробки новітніх хімічних технологій (отримання моносахаридів) з використанням температури (+200 °C), тиску (12 атм.) та сірчаної кислоти, або їх комбінуванням;
- розробки новітніх біохімічних технологій (генномодифікованих дріжджів високотемпературного бродіння);
- розробки новітніх фізичних технологій з використанням нетрадиційних активаторів складних хімічних перетворень.

### Технологічні аспекти виробництва та використання біопалива

*Виробництво етилового спирту* (ВКД — високооктанової киснево-вмісної добавки) це отримання кінцевої продукції із вмістом етилового спирту до 99,3...99,7 % [2]. Така технологія розроблена Українським інститутом спирту і біотехнології промислових продуктів (УкрНДІспиртобіопром) та запроваджена на Барському спиртовому заводі. Технологія заснована на азеотропному обезводжуванні спиртово-водної суміші (95,57 % етанолу,  $T_k = 78,39$  °C) з використанням циклогексана як відокремлювального агента [3, 15]. Необхідно зазначити, що в цьому випадку ВКД використовують для підвищення октанового числа промислових бензинів, вводячи його до 2 %. Бразилія — світовий лідер галузі використовує етиловий спирт, як альтернативне відновлювальне паливо, принципово по іншому. Національна промисловість цієї країни з 2003 року виробляє серійні бензини для ДВЗ, які складають суміші етанолу та бензину («flex-fuel») в широких пропорціях. Суміш етанол: бензин — 75:25 використовують до 30 % нових автомобілів, що надходять на внутрішній ринок цієї країни. Американська версія «flex-fuel» — «E 85» містить 70...85 % етанолу в суміші з бензином в залежності від регіону країни та сезонної кон'юнктури. Крім цього в США використовують біопалива «E 10-gasohol» та «E 20» з вмістом етилового спирту в традиційних бензинах, відповідно, до 10 та 20 %. Слід зазначити, що використовуючи чистий етанол, суттєво зменшується термін експлуатації прокладок та фільтрів двигунів внутрішнього згорання.

Важливим питанням залишається зменшення кількості токсичних газових викидів ДВЗ, що досягається не лише завдяки збільшенню процентного вмісту етанолу у біопаливі, а і вилученню із складу бензинів токсичних добавок, що використовують для підвищення октанового числа — метилтретбутилового ефіру (МТБЕ), ферроцену та метилциклопентадієнілтрикарбонілмарганцю (II), (ММТ) [5]. Враховуючи важливість екологічних питань та ратифікацію Кіотського протоколу країни ЄС визначили головні перспективні завдання відносно використання біопалива в загальному обсязі моторних палив: 2 % в 2005 та 5,75 % в 2010 році. Досить оптимістичними виглядають прогнозовані дані досліджень «Growing Energy» (США) відносно використання біопалива, головним чином етанолу, на

основі целюлозної сировини. В 2050 р. його виробництво в країні сягне 120 млрд галл, на рік, тобто 2/3 сучасного споживання моторних палив.

*Виробництво дизельного біопалива («Біодизель»)* включає такі технологічні стадії [13]:

- вилучення рослинної олії із зерен олійних культур;
- переестерифікацію тригліцеридів насичених та ненасичених карбонових кислот під дією метилового спирту;
- очищення та осушення метилових естерів насичених та ненасичених карбонових кислот, що використовують як добавки до дизельного пального з метою підвищення цетанового числа, або як окремих компонент дизельного пального;
- виділення гліцерина як побічного продукту та надлишків нижчих спиртів жирного ряду;
- утилізація відходів виробництва.

Доцільно зазначити, що в роботі [20] наведені результати контролю і регулювання утворення метилових ефірів насичених і ненасичених жирних карбонових кислот в процесі переестерифікації некондиційних олій метанолом з використанням гель-проникної хроматографії та згасаючої відбивальної перетворювальної інфрачервоної Фур'є спектроскопії. Хроматографічний метод дозволяє надійно відділяти гліцерин і моногліцериди від тригліцеридів, а також отримати хороші результати визначення метилових естерів жирних карбонових кислот. При цьому важливим фактором конкурентоспроможності біодизеля є якісні показники вихідної рослинної сировини (олії), що наведені в таблиці. Так, в роботі [13] автори констатують, що собівартість біодизеля на 95 % залежить від собівартості вихідної олії. Біодизельне пальне, як і дизельні двигуни, що оснащені під його використання, поки не знайшли широкого розповсюдження в США. Це пояснюється, перш за все, суттєвими ризиками при великих обсягах капіталовкладень у виробництво та модернізацію двигунів важких вантажівок та зернозбиральних комбайнів, а також необхідністю в гарантіях на якість біодизельного пального. Враховуючи це, ряд провідних компаній США з виробництва сільськогосподарської техніки розповсюдили свої гарантії на біодизельне паливо: компанія «Case» на сорт «В 5», а фірма «John Deere» — на сорт «В 2». Слід зазначити, що не дивлячись на податкові пільги на біодизельне пальне на федеральному рівні (1 цент на кожний процент біодизельного пального в суміші зі звичайним паливом), темпи виробництва біодизельного пального в США в 2004 р. були значно менші, у порівнянні із загальними темпами його споживанням (36 млрд галл.).

В країнах ЕС використання біодизельного палива знайшло значно більше поширення, що можна пояснити прямою залежністю їх паливно-енергетичних ринків від Росії та інших держав, що добувають, транспортують та продають нафту і газ на зовнішньому ринку. Лише в нових країнах — членах ЕС, за даними «European Biodiesel Board», виробляється в цілому 80 тис. тонн біодизельного палива. За дуже короткий термін, з 2001 по 2004 роки, виробництво біодизеля в країнах ЕС збільшилось з 0,8 до 1,9 млн тонн, тобто в 2,4 рази. На 2005 р. біодизельне пальне складає 4 % від загальної кількості продаж дизельного палива у країнах ЕС. Лідер біодизельного ринку Німеччина з 2001 по 2004 роки збільшила виробництво біодизельного пального з 0,3 до 1,1 млн тонн, тобто в 3,7 рази. Це призвело до того, що в країні 50 % дизельних двигунів працюють на чистому біопаливі (на біодизель було відмінено податок на паливо).

Основні властивості рослинних олій, [14]

№ п/п	Олія	Колір	Олійність насіння, %	Питома вага при 15°, г/см <sup>3</sup>	Т застигання, °С	$n_D^{40}$	Число омилення	Йодне число
1	Касторова	від безбарвного до темно-жовтого	40...55	0,962	до -10	1,456 9	176...18 7	81...90
2	Конопляна	жовто-зелений	28...35	0,929	-27	1,451 7	190...19 4	140...14 3
3	Ляна	від жовтого до бурого	28...44	0,933	до -27	1,484 0	191...19 5	174...18 3
4	Кукурудзяна	золотисто-жовтий	15...40*	0,924	до -15	1,474 5	188...19 3	117...12 9
5	Горіхова	зеленувато-жовтий	40...65**	0,925	-27	1,471 0	188...19 7	143...16 2
6	Соняшникова	світло-жовтий	28...48	0,924	до -18	1,468 0	186...19 4	127...13 6
7	Ріпакова	бурий, після рафінації жовтий	33...45	0,914	до -10	1,465 0	172...17 5	94...106

Продовження таблиці

№ п/п	Олія	Колір	Олійність насіння, %	Питома вага при 15°, г/см <sup>3</sup>	Т застигання, °С	$\rho_D^{40}$	Число омилення	Йодне число
8	Суріпкова	бурий	33...40	0,918	-8		173...181	105...122
9	Сойова	світло-жовтий	15...26	0,928	до -18	1,4678	188...195	124...133
10	Бавовняна	червоно-бурий, буро-чорний	16...25	0,920	до -6	1,4624	194...196	103...111

Примітки: \* в зародку; \*\* в ядрі

Серед інших компаній та країн ЄС, що потужно розвивають біодизельний ринок, зазначимо:

— компанію «Diester Industrie», найбільший завод в Європі, (Франція) потужністю 250 тис. тонн на рік. Компанія планує будівництво ще двох заводів потужністю по 200 тис. тонн на рік та заводу потужністю 160 тис. тонн на рік;

— компанію «Tesco», (Шотландія), яка закінчує будівництво заводу потужністю 250 тис. тонн на рік. Крім цього в країні уже працює новий завод з виробництва біодизельного палива потужністю 50 тис. тонн на рік;

— компанію «Fortum Oil», що входить до концерну «Neste», (Фінляндія), яка планує будівництво заводу потужністю 170 тис. тонн на рік.

#### Якісні показники біодизельного палива

Якість біопалива для ДВЗ визначається Вказівками Європейського парламенту та Ради з якості палив для ДВЗ, згідно яких до 01.01.2009 р. передбачається обов'язкове введення в експлуатацію знесірчених палив. Так, згідно вимог Європарламенту, уряд Германії розробив Постанову (28.01.2004 р.), яка регулює змішування біоетанолу і бензинів, біодизеля і дизельного пального згідно до Вказівок ЄС — 15. При цьому, введення біоетанолу та біодизеля до 5 % обсягу не потребує додаткового позначення; введення більшої кількості потребує додаткового позначення та класифікації палива [16]. В роботі [8] зазначено, що згідно вимог до низькосірчистих дизельних палив Євро — 3 та Євро — 4 потрібно вводити до їх складу пакет присадок, що підвищує цетанове число, протизносні та депресорно-диспергуючі властивості. Згідно останніх даних найперспективнішою вважається добавка метилового естера ріпакової олії (МЕРМ). Євростандартом EN 590 з 01.01.2005 р. дозволяється додавати до дизельного пального до 5 % обсягу МЕРМ для збереження оптимальних експлуатаційних характеристик ДВЗ дизельних автомобілів [17, 18, 26—31].

В роботі [19] зазначено, що МЕРМ, отриманий переетифікацією гліцеридів очищеної ріпакової олії (рафінація та відбілювання) метиловим спиртом при температурі 80...90 °С та використанні КОН, має фізико-хімічні характеристики, близькі до дизельного палива. До таких показників, що впливають на процес випаровування, компаундування (змішування рідких компонентів палива) та горіння, автор відносить: густину палива ( $\rho$ , г/см<sup>3</sup>), кінематичну ( $\nu^{100}$ , мм<sup>2</sup>/с) і динамічну ( $\eta$ , Па·с) в'язкість та поверхневий натяг ( $\alpha$ , дин/см). Проведені при цьому дослідження показали, що введення МЕРМ до дизельного палива значною мірою знижують температури граничного фільтрування та застигання. Добавка МЕРМ до ріпакової олії приводить до обважнювання фракційного складу, збільшення густини, кінематичної в'язкості і деякого підвищення коефіцієнта фільтрування та збільшення кислотності біодизельного палива. Кислотність останнього в значній мірі визначається кислотністю рослинної сировини. З добавкою етанолу в дизельне пальне значно погіршується цетанове число та температура спалаху в закритому тиглі. Крім цього, суміш етанолу та дизельного пального має недостатню стабільність та схильність до розшарування при високих та низьких температурах, що обумовлено їх обмеженою взаємною розчинністю [8].

Екологічні фактори використання біопалива для ДВЗ стали предметом багатьох досліджень в різних країнах [21, 22] з використанням сучасних методів аналітичного контролю [23]. В роботі [24] проведено порівняльний аналіз складу і токсичних властивостей випускних газів ДВЗ, що працювали на дизельному паливі і суміші біодизеля та дизельного пального. Визначено хімічний склад і рівень домішок, що були присутні у дрібнодисперсних механічних частинках випускних

газів дизельних двигунів тяжких вантажівок. Показано, що склад палива має незначний вплив на вміст у складі випускних газів канцерогенних поліциклічних ароматичних вуглеводнів та їх нітропохідних, а також карбонових сполук і легких ароматичних вуглеводнів. При цьому визначено незначне зниження вищезначених сполук у випускних газах при використанні суміші біодизеля та дизельного пального. Дещо інші результати були отримані литовськими вченими у дослідженні порівняльних характеристик біодизельного пального на основі етил- та метилових естерів ріпакової олії та звичайного дизельного пального [25]. Дослідження проводили на 4-х циліндровому дизельному двигуні Audi 80 з турбонадувом і безпосереднім уприсненням палива згідно модифікованого циклу ЕСЕ-49. Встановлено, що відношення обсягу повітря до обсягу палива в робочій суміші було вище при використанні біодизельного пального, а витрати пального при цьому були збільшені на 5,5...13,4 %, у порівнянні із звичайним паливом. При цьому також виросла емісія оксидів азоту на 8,3...10,0 %, але зменшилась емісія оксидів вуглецю на 5,7...7,2 %, вуглеводнів на 68,4...70 %, а також димність випускних газів на 70 %. Найбільш екологічно чисті експлуатаційні характеристики були зафіксовані для дизельного пального на основі етилового естеру ріпакової олії.

### Фінансова політика

Фінансова політика в країнах, які виробляють біопаливо, підлягає державному регулюванню, а саме:

- надання субсидій на будівництво заводів із виготовлення біопалива (США, штат Міссурі; субсидії продуцентам біоетанола складала 20 цент./галл. на виробництво першої партії (12,5 млн галл.) та 5 цент./галл. на кожен наступну партію);
- звільнення продуцентів біопалива від плати податків на цю продукцію (США, штати Іллінойс, Північна Дакота);
- фінансування наукових центрів з прикладних досліджень в галузі біоенергетики (США, штат Іллінойс; виділено 7 млн дол.);
- встановлення мита на біопаливо, що ввозиться із інших країн;
- гарантоване державою використання вітчизняного біопалива в складі сумішних бензинів та дизельних палив на внутрішньому ринку.

### Перспективи розвитку біодизельного палива в Україні

В Україні Постановою Кабінету Міністрів № 1774 від 22.12.2006 р. затверджена Програма розвитку виробництва дизельного біопалива для забезпечення паливом аграрного сектора, а в подальшому й інших галузей економіки. При цьому передбачається створення раціональних зон концентрованого вирощування озимого і ярового ріпаку площею 50...70 тис. гектарів та технічної бази з виробництва дизельного біопалива. На першому етапі (2007—2008 рр.) передбачається сформулювати сировинну, технічну та технологічну бази, а також розробити нормативні документи для виробництва та використання біодизельного палива; на другому етапі (2008—2010 рр.) — реалізувати пріоритетні інноваційні проекти будівництва заводів біодизельного палива у зонах концентрованого вирощування ріпаку [1].

Орієнтовний обсяг фінансування Програми з держбюджету 69,7 млн грн. Державне фінансування надаватиметься лише для науково-технологічних досліджень, розробки нормативної документації, стандартів, підтримки селекції та вирощування ріпаку товаровиробниками усіх форм власності.

Сьогодні для сільськогосподарських робіт України щорічно необхідно майже 1,9 млн т дизельного палива і 620 тис. т бензину. На виробництво такої кількості пального йде до 4,5 млн т переважно імпортової нафти, вартість якої постійно зростає, що позначається на вартості сільськогосподарської продукції. Якщо при цьому в Україні довести посів ріпаку до 10 % загальної площі ріллі та переробки 75 % вирощеного врожаю на біодизель, то це дасть змогу стабільно забезпечувати аграрний сектор паливом. Додаткові надходження до держбюджету від сплати податку на додаткову вартість за реалізацію 623 тис. т біодизельного палива становитимуть близько 530 млн грн на рік. Для досягнення таких показників Україна планує побудувати не менше 20 заводів потужністю від 5 до 100 тис. т на рік (загальна потужність при цьому складатиме 623 тис. т біодизельного палива на рік).

Орієнтовні витрати на виробництво 1 т МЕРМ становитимуть 3,02...3,90 тис. грн, в залежності

від урожайності ріпаку, ринкового попиту на його насіння та технологій переробки. При цьому також будуть отримані супутні продукти: до 1,8 т шроту та 0,05 т гліцерину загальною вартістю до 1,26 тис. грн (показники цін на 31.03.06). Для порівняння, середні витрати на виробництво 1 т МЕРМ у країнах ЄС-15 в 2005 р. становили 509...688 євро.

### Висновки

1. Аналіз країн — продуцентів біопалива свідчить, що найбільший успіх в цій галузі належить провідним світовим державам, що активно розвивають відновлювальну енергетику, включаючи і біопаливо (США, Росія, Китай, Японія, Німеччина, Італія, Франція), або мають значні сировинні ресурси (Росія, Бразилія, Індія, Казахстан, Мексика Колумбія). Україна, виходячи із своїх природних і сировинних ресурсів, має всі підстави у найближчому майбутньому доповнити список держав, що активно розробляють та використовують біопаливо як на внутрішньому ринку, так і за кордоном.

2. Природні ресурси та кліматичні умови дозволяють Україні повністю забезпечити національну біоенергетичну промисловість культурами високої оліїстості (рапс, соя, кукурудза, соняшник), забезпечивши при цьому їх високу врожайність.

3. На сьогодні є доцільним виробництво та використання як біоетанолу, так і біодизельного палива в суміші із традиційними бензинами, або дизельним паливом.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Глобальна революція // Енергетика та електроніка. Щотижнева інформаційно-аналітична газета. — 2007. — № 1. — С. 7.
2. Cland Nagin. Plant oils — fuel of the future // J. Sci. and Ind. Res. — 2002. — Vol.61, Nol. — P. 7—16.
3. Гроувз А., Лилли Л., Кроушоу Е., Гранди М. Успешное введение биотоплива в бензин и дизельное топливо // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. — 2003. — № 3. — С. 27—33.
4. Hairston Deborah. Renewing interest in renewable fuels // Chem. Eng. -2003. — Vol. 110, No 11. — P. 41—42.
5. Bonsch Rudolf, Faber Christian. Biofuels: a vital part of our energy supply / 27 International Exhibition — Congress on Chemical Engineering, Environmental Protection and Biotechnology. — Frankfurt on Mein, 2003: АСHEMA, 2003. — P. 287.
6. Biocarburants et biomasse: les perspectives recherches conduites a l'IFP // Petrole et techn. — 2004. — No 451. — P. 29—31.
7. Гаврилова В. А., Дубовская А. Г., Конькова Н. Г., Низова Г. К. Перспективы и реальность использования масел растительного происхождения в качестве биотоплива // Масложировая промышленность. — 2005. — № 4. — С. 15—17.
8. Митусова Т. Н., Калинина М. В. Дизельные топлива европейского качества в России. Перспективы производства биотоплива / Тез. докл. Международн. конференции «Альтернативные источники энергии для транспорта и энергетики больших городов». — Москва, 2005. М.: Прима — Пресс, 2005. — С. 64—65.
9. Итоги конференции ВНИИЖ // Масла и жиры. — 2005. — № 7. — С. 11.
10. Амброзевич Е. Отраслевая конференция по маркетингу в масложировой отрасли (С.-Петербург, 18-19 мая 2005 г.) // Масложировая промышленность. — 2005. — № 3. — С. 45.
11. ТУ У 30183376.001-2000.
12. С Германией планируется совместное производство биодизельного топлива // Химия Украины. — 2005. — № 9. — С. 50.
13. Смирский В. В., Антоннова З. А., Крук В. С., Кабо Г. Я. Дизельное биотопливо из рапса // Труды 4 Междунар. научно-техн. конф. «Ресурсосберегающие экотехнологии: возобновление и экономия энергии, сырья и материалов». — Гродно, 2000. — Из-во ГрГУ, 2000. — 4.1. — С. 86—89.
14. Краткая химическая энциклопедия / Под ред. акад. И. Л. Кнунянца. — М.: Советская энциклопедия, 1961. — С. 74.
15. Мищенко А. С., Кизюн Г. А., Михненко Е. А. Производство биотоплива на спиртовых заводах Украины / Труды 4 Международн. научно-техн. конф. «Прогрессивные технологии и современное оборудование — важнейшие составляющие успеха экономического развития предприятий спиртовой и ликероводочной промышленности», Москва, 24.01.2003. — М.: Пищепромиздат, 2003. — С. 121—125.
16. Schwefelfreie und Biokraftstoffe vot Bund gefordert // Galvanotechnik. — 2004. — Bd. 95, № 6. — S. 1542.
17. Biokraftstoffe: Erreichung der angestrebten Marktanteilsziele gestaltet sich schwierig // Erdol — Erdgas — Kohle. — 2004. — Bd. 120, № 9. — S. 288.
18. Forderung von Biotreibstoffen beschlossen // Erdol — Erdgas — Kohle. — 2004. — Bd. 120, № 11. — S. 366.
19. Огурлиев А. М. Физико-химические показатели биотоплива для дизелей // Механиз. и электр. с. х. (Россия). — 2005. — № 4. — С. 26—27.
20. Dube Mark A., Zheng Sheng, McLean David D., Kates Morris. A comparison of attenuated total reflectance — FTIR spectroscopy and GPC for monitoring biodiesel production // J. Amer. Oil Chem. Soc. — 2004. — Vol.81, N06. — P. 599—603.
21. Synthetische Biokraftstoffe können mittelfristig zur Emissionsverbesserung beitragen // Erdol — Erdgas — Kohle. — 2005. — Bd. 120, № 12. — S. 420.
22. Schwarze Joe. Biodiesel transport // Can. Chem. News. — 2005. — Vol. 57, No 7. — P. 13.
23. Umweltbundescamt eröffnet Treibstofflabor // Erdol — Erdgas — Kohle. — 2003. — Bd.119, № 11. — S. 384.

24. Turrio — Baldassarri Luigi, Battistelli Chiare L., Conti Luigi. Emission comparison of urban bus engine fueled with diesel and oil and „biodisel» blend // Sci. Total Environ. — 2004. — Vol. 327, No 1—3. — P. 147—162.
25. Makareviciene V., Janulis P., Pukalskas S. Lyginamieji rapsu aliejaus etil — ir metilesteriu deginiu emisijos tyrimai // Aplinkos inzinerija. — 001. — Vol. 9, No 3. — P. 158—163.
26. Інвестиційні проекти для української біоенергетики // Зелена енергетика, 2003. — № 3. — С. 21.
27. Гелету́ха Г. Г., Железная Т. А. Анализ основных положений «энергетической стратегии Украины на период до 2030 года» // Промышленная теплотехника. — 2006. — № 5. — С. 82—92.
28. Железная Т. А., Гелету́ха Г. Г. Современные технологии получения жидкого топлива из биомассы быстрым пиролизом. Обзор. Часть 2 // Промышленная теплотехника — 2005. — № 5. — С. 79—90.
29. Гелету́ха Г. Г., Железная Т. А., Матвеев Ю. Б., Жовмир Н. М. Развитие биоэнергетики в Украине: современное состояние и перспективы (English) // Труды 2-й Мировой конф. «Биомасса для энергетики, промышленности и защиты от изменения климата», 10-14 мая 2004 г., Рим, Италия. — С. 240—241.
30. Гелету́ха Г. Г., Железная Т. А. Енергія з біомаси // Зелена енергетика. — 2002. — № 4. — С. 28—29.
31. Дубровін В. О., Мельничук М. Д. Досвід і перспективи розвитку виробництва біопалив в Україні // Пр. Міжнар. конф. «Перспективи альтернативної енергетики», ВНТУ, 2007.

Матеріали статті рекомендовані до опублікування оргкомітетом III Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТГ-2007)» (31.05—2.06.2007 р.)

Надійшла до редакції 30.09.07  
Рекомендована до друку 04.10.07

**Ранський Анатолій Петрович** — завідувач кафедри, **Тютюнник Леонтій Миколайович** — доцент, **Алпатова Надія Володимирівна** — старший лаборант, **Бойко Сергій Романович** — асистент;

Кафедра органічної хімії, Український державний хіміко-технологічний університет, м. Дніпропетровськ;

**Ткачук Михайло Федорович** — генеральний директор, **Ранська Анна Анатолійовна** — *менеджер*;

ТОВ «НТЦ Хімтехнологія», м. Дніпропетровськ;

**Петрук Роман Васильович** — *студент Інституту екології та екологічної кібернетики.*

Вінницький національний технічний університет