

РЯБЦЕВ Г. Л., д.н.держ.упр., к.т.н. доц.; БУРЛАКОВ В. М., к.т.н., доц.
ЛИТВИНЕНКО Є. Ю., магістрант
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

Проаналізовано переваги та недоліки, джерела сировини, технологію виробництва та застосування біодизельного палива. Надано рекомендації щодо розвитку біопаливної галузі в Україні.

Ключові слова: біопаливо, біодизель, рапсовий ефір.

© Рябцев Г. Л., Литвиненко Є. Ю., 2014.

Постановка проблеми та аналіз попередніх досліджень. Біоенергетичний потенціал України є величезним [1-3]. Сприятливе поєднання кліматичних умов, значний аграрний сектор, дешева й доступна робоча сила роблять Україну надзвичайно привабливою для інвесторів. Проте вона має пройти довгий шлях, до того як біопаливо зможе допомогти в розв'язанні багатьох економічних та екологічних проблем. Значною допомогою в цьому є виробничий і ринковий досвід, накопичений двома десятками країн, насамперед, членами ЄС, які реалізують політику обов'язкового використання біопалива.

Метою статті є аналіз переваг і недоліків, джерел сировини, технологій виробництва та застосування біодизельного палива з розробленням рекомендацій щодо розвитку біопаливної галузі в Україні.

Виклад основного матеріалу. Називати біодизель новим паливом буде не зовсім вірно, оскільки експерименти з ним були започатковані в XIX ст. Перший двигун, що працював на олії з насіння сосни (із перспективою використання як палива звичайної рослинної олії), був продемонстрований на Всесвітній виставці 1900 р. самим Рудольфом Дизелем. Але після триумфальної ходи дешевого нафтового палива інтерес до біодизеля згас, відродившись лише в кризові 1970-ті.

На комерційні рейки випуск біодизельного палива було поставлено у початку 1990-х, насамперед у тих країнах, що оцінили реальні довгострокові вигоди від застосування цього ресурсу і прийняли відповідні рішення щодо його підтримки.

Що таке біодизель? Термін «біодизель» дещо розмитий і не має чіткого визначення. Спочатку біодизелем називали суміш 95...70 % нафтового палива з 5...30 % олії. Проте наявність гліцерину в таких продуктах зумовлювала наявність нагару на розпилювачах форсунок, закоксуванню поршневих кілець і прогоранню клапанів двигуна, що швидко виводило його з ладу (саме тому дехто вважає, що біодизель не можна застосовувати в чистому вигляді, а лише як добавку).

Сьогодні під біодизелем здебільшого розуміють біопаливо на основі рослинних або тваринних жирів (олій), а також продуктів їхньої (пере)етерифікації.

Переваги й недоліки біодизеля. Застосування біодизеля як моторного палива зменшує емісію практично всіх шкідливих речовини. Зокрема, для біодизеля марки В100 викиди вуглеводнів порівняно з нафтовим аналогом скорочуються на 56 %, твердих частинок – на 55, оксидів вуглецю – на 43, оксидів азоту – на 5...10, сажі – на 60 %. При цьому виділяється стільки ж вуглекислого газу, скільки було спожито з атмосфери рослиною, що є вихідною сировиною для виробництва олії.

У чистому біодизельному паливі присутнє трохи більше 15 ppm сірки і не міститься ароматичних сполук. Завдяки природному походженню біодизельне паливо є менш токсичним, ніж нафтове, і в разі потрапляння в ґрунт чи воду не завдає шкоди рослинам і тваринам.

З іншого боку, воно піддається практично повному біологічному розкладу: у ґрунті чи воді мікроорганізми за 28 днів переробляють 99 % біодизеля, що дозволяє казати про мінімальне забруднення рік і ставків. Ефіри рослинних олій добре змішуються з нафтовим дизельним паливом і не розшаровуються навіть за наявності розчиненої води.

Серед інших переваг біодизеля:

– добрі змащувальні властивості, які традиційне паливо втрачає в разі видалення з нього сполук, що містять сірку. Біодизель, попри значно менший уміст сірки, завдяки своєму хімічному складові (зокрема, наявності кисню) має кращі змащувальні властивості;

– вище цетанове число (щонайменше 51);

– висока температура спалаху (понад 150 °С), що робить біопаливо порівняно безпечним;

– повнота згоряння завдяки присутності до 10 % кисню;

– значне (до 60 %) збільшення ресурсу двигуна. Так, до Книги рекордів Гіннеса 2005 р. занесено вантажівку, що проїхала на біодизелі В100 без ремонту оригінального двигуна понад 1,25 млн км.

Біодизель має й недоліки, зокрема:

– меншу енергоємність, а також більшу секундну й питому ефективну витрату порівняно з нафтовим паливом. Оскільки теплота згоряння біодизеля нижче, ніж у звичайного (37,8 і 42,7 МДж/кг відповідно), його потрібно на 9 % більше за об'ємом (чи 15 % за масою). У середньому 1 л біодизеля є еквівалентним 0,9 л звичайного дизельного палива;

– відносно високу температуру помутніння. Протягом холодної пори року необхідно або підігрівати біопаливо, що надходить із паливного бака в паливний насос, або працювати на паливних сумішах із вмістом біодизеля не вище 80 %;

– гігроскопічність, тобто здатність поглинати вологу з атмосфери. Присутність незв'язаної води призводить до корозії елементів паливної апаратури, а за низьких температур – до утворення в них льоду;

– агресивність до гумових деталей.

Сировина для біодизеля. Основною сировиною для біодизеля є жирні, рідше – ефірні олії таких культур:

– ріпак (Європа) – дозволяє одержати до 1190 л олії з гектара. Ріпак – універсальна культура, на яку припадає близько 10 % загальної площі посівів олійних культур у світі. В Європі ріпак може скласти гідну конкуренцію соняшнику. Трохи поступаючись останньому і перевершуючи сою за олійністю, ріпак здатний щорічно давати стабільні врожаї у середньому 20...25 ц/га (середня врожайність соняшнику 10...12 ц/га). Поліпшуючи структуру ґрунтів та їхній фітосанітарний стан, збагачуючи їх азотом та іншими мікроелементами, ріпак є чудовим попередником зернових (особливо пшениці), значно збільшуючи їхню врожайність;

– соя (США, Аргентина) – 446 л/га;

– канола (Канада) – 1000 л/га;

– кастор (Бразилія) – 1410 л/га;

– ятрофа (Індія) – 1900 л/га;

– пальма (Індонезія, Філіппіни) – до 5900 л/га. Пальмову олію використовують для виробництва біодизельного палива з 1987 р. Але через високу температуру помутніння (11 °С) його застосування обмежено країнами з тропічним кліматом.

Потенційні можливості використання інших олійних культур для одержання біодизельного палива ще не повністю досліджені. Застосування горіхових олій розпочато в Нікарагуа, дослідження з використання бавовняної олії успішно проведені в Греції. У Індії біопаливо отримують з ядер горіха, що зростає на незручних і, через це, не використовуваних землях.

У помірних широтах біодизельне паливо можна одержати з олії соняшнику, рицини, конопель. У Великій Британії, окрім ріпаку, використовують відпрацьовану олію, обсяги якої сягають 70 млн л на рік. До сировинної бази для виробництва біодизеля можна також віднести сировину м'ясокомбінатів (тваринні жири), рибний жир, водорості та іншу сировину.

Донедавна сільське господарство могло розраховувати лише на частину коштів, яке витрачає людство на продукти харчування. Але цих доходів, за поміркованих цін і попиту, було недостатньо, оскільки підтримка аграрного сектора потребувала великого навантаження на бюджет держав.

Можливість забезпечити споживачів екологічно чистою енергією надає сільському господарству новий напрямок розвитку. Виробництво біодизеля дозволяє ввести в оборот сільськогосподарські землі, які раніше не використовували, створити нові робочі місця.

Для дальшого поступу галузі аграрії мають уважно стежити за сучасними тенденціями ринку, перерозподіляючи посівні площі і не забуваючи про те, що відчуження завеликих площ під вирощування сировини для біодизеля (на яких слід використовувати підвищені дози засобів захисту рослин) може призвести до деградації ґрунтів та погіршення їхньої якості.

В Україні для виробництва біодизеля використовують переважно ріпак (хоча на внутрішній ринок йде лише 20 % врожаю). Потенційні можливості України у вирощуванні цієї культури становлять орієнтовно 3 млн га, за середньої врожайності 15...30 ц/га.

У масштабах країни перероблення 75 % врожаю ріпаку забезпечить виробництво до 2,7 млн т біодизеля. Такі обсяги останнього еквівалентні за енергетичною цінністю 2,3 млн т звичайного дизельного палива, для одержання якого необхідно переробити 7,7 млн т нафти.

Сприятливі умови для вирощування ріпаку існують у Вінницькій, Житомирській, Івано-Франківській, Київській, Львівській, Волинській та інших областях.

На жаль, нині в більшості господарств ріпак розмішують за випадковими попередниками, що не сприяє отриманню високих урожаїв (зазвичай вони не перевищують 9...12 ц/га). Між тим, урожайність цієї культури можна суттєво збільшити (до 25...30 ц/га), якщо використовувати чотириріпільну сівозміну з таким чергуванням: пар (чистий чи сидеральний, тобто коли до першої половини літа парове поле займають рослинами-сидератами, які потім заорюють у ґрунт як зелене добриво); ріпак (ярий та озимий); пшениця (ярова та озима); ярові зернові (ячмінь чи овес). Запропоновано також вирощувати ріпак в п'ятиріпільній сівозміні з таким чергуванням культур: пар; озима ріпак і рапс; озима пшениця; ярові ріпак і рапс; ярові зернові. Насиченість наведених сівозмін ріпаком – відповідно 25 і 40 %.

Ріпак виносить з ґрунту в 1,5 рази більше поживних речовин, аніж зернові культури. Тож для отримання 20 ц/га олійного насіння вважають нормальним внесення 1,5 ц/га складних добрив (азот/фосфор/калій = 10:26:26) і 3 ц/га аміачної селітри за непаровими попередниками.

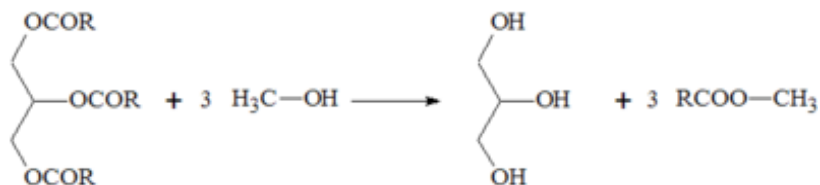
За наявності захисту від шкідників, хвороб і бур'янів товарний ріпак цілком можливо вирощувати на одному полі через 1...2 роки. При цьому необхідно значно менше площ і господарств, що спеціалізуються на вирощуванні ріпаку.

Вважається, що одне господарство в сівозміні із зерновими культурами й чистим паром може вирощувати ріпак на площі 200 га, маючи ланку механізаторів і парк, що складається з шести тракторів

МТЗ-1211, двох комбайнів Дон-1500, а також 18 одиниць сільгоспмашин за обов'язкової наявності сушильно-сортувальної техніки.

Для отримання 300 тис. т олійного насіння на площі в 2000 га, у разі вирощування не більше 200 га в одному господарстві, таких господарств в Україні має бути 1250. Відповідно, спеціалізованих господарств для вирощування ріпаку знадобиться вчетверо менше.

Технологія виробництва біодизеля. Із хімічної точки зору біодизельне паливо є сумішшю метилових (етилових) ефірів насичених і ненасичених жирних кислот. Під час (пере)етерифікації олії реагують із метиловим (етиловим) спиртом у присутності каталізаторів (зазвичай, лужних – NaOH, NaOCH₃ чи KOH). Завдяки цьому утворюються складні ефіри, а також гліциринова фаза (56 % гліцерину, 4 % метанолу, 13 % жирних кислот, 8 % води, 9 % неорганічних солей, 10 % ефірів):



До очищеної від механічних домішок олію додають метиловий спирт і луг, що є каталізатором реакції переетерифікації, а потім нагрівають отриману суміш. Після відстоювання та охолодження рідина розшаровується на дві фракції – легку і важку. Легка фракція є метиловим ефіром, важка – гліцирином.

Для отримання 1000 кг (1136 л) біодизельного палива необхідно затратити 50 кВт теплової й 25 кВт електричної енергії. Витрати сировинних компонентів становлять: 1040 кг (1143 л) ріпакової олії; 144 кг (114 л) 99,8 %-ого метанолу (має бути присутнім у надлишку); 19 кг 88 %-ного їдкого калі (KOH); 6 кг допоміжного фільтрувального матеріалу; 105 кг води.

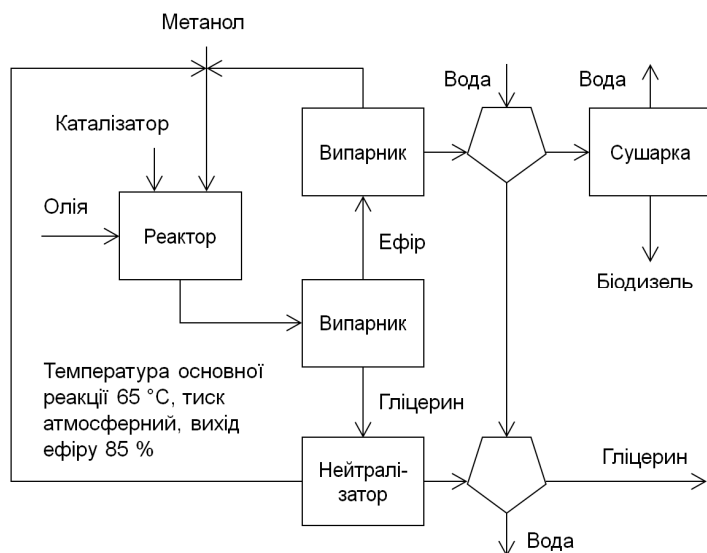


Рис. 1 – Циклічна каталітична схема

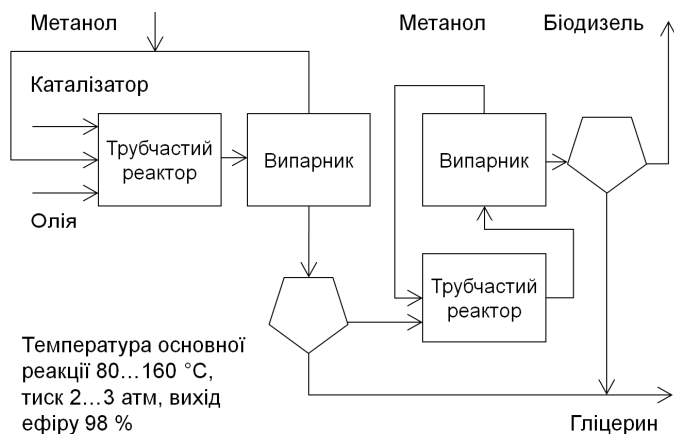


Рис. 2 – Багатореакторна неперервна схема

При цьому крім кінцевого продукту одержують 117 кг спрацьованої води й 200 кг сирого гліцерину, що застосовують у косметичній і фармацевтичній промисловості.

Базовими технологіями виробництва біодизельного палива є:

- циклічна з використанням лужних каталізаторів (рис. 1);
- безкаталізаторна циклічна (із застосуванням розчинників, зазвичай, тетрагідрофурану);
- багатореакторна неперервна (рис. 2).

Вибір технології залежить від потрібних обсягів виробництва, виду вихідної сировини та її якості, способів очищення від спиртів і каталізатора (табл. 1). За обсягів виробництва біодизельного палива від 500 до 5000 т/рік, зокрема на заводах, що працюють із сировиною невисокої якості, кращою є проста циклічна технологія з використанням каталізаторів. Для великих обсягів виробництва (понад 5 тис. т біодизеля на рік) слід обирати багатореакторну неперервну технологію, що висуває суворіші вимоги до якості вихідної сировини.

Технологію виробництва біодизельного палива вдосконалюють у багатьох країнах. При цьому перспективним вважають орієнтуватися на перероблення біомаси в рідкий продукт з використанням каталітичних процесів. В Україні в цьому напрямі активно працює УкрНДІП «МАСМА», де, зокрема, розроблено безвідходну технологію отримання метилових ефірів із жирних кислот, а також рослинних і

тваринних жирів.

Таблиця 1 – Базові технології одержання біодизельного палива

Назва технології	Характеристика	Переваги	Недоліки
Циклічна із застосуванням каталізаторів	температура реакції близько 65 °С, тиск атмосферний, тривалість реакції від 20 хв. до 2 год., кількість каталізатора – 1,5 % від маси олії, вихід ефіру – близько 85 % від загальної маси біодизеля	відносна простота технологічного процесу невисока вартість технологічної лінії можливість використання сировини невисокої якості	невисокий вихід ефіру тривалість реакції
Безкаталізаторна циклічна	температура реакції 30 °С, тиск атмосферний, тривалість реакції 5...10 хв., розчинник – тетрагідрофуран, вихід ефіру – близько 98 % від загальної маси біодизеля	високий вихід ефіру невисока температура і велика швидкість реакції чистота продуктів	потреба в дорогих і агресивних розчинниках необхідність використання додаткового обладнання
Багатореакторна безперервна	температура реакції 80...160 °С, тиск 2...3 атм, тривалість реакції – від 6...10 хв., кількість каталізатора – до 1 % від маси олії, вихід ефіру – до 98 % від загальної маси біодизеля	високий вихід ефіру неперервність процесу швидкість реакції	складність технологічного процесу достатньо висока вартість технологічної лінії висока чутливість до якості сировини

Застосування біодизельного палива. Біодизельне паливо можна використовувати у вихорі і передкамерних дизельних двигунах, а також у двигунах із безпосереднім впорскуванням, як у чистому вигляді (в адаптованих двигунах), так і в сумішах із нафтовим паливом без змінення конструкції двигуна.

Біодизельні суміші позначають літерою В і числом, що відповідає масовій частці біодизеля у відсотках. Хоча змішування можна здійснити в будь-якій пропорції, юридичні тонкощі оподаткування спричинили появу двох основних типів такого палива – В2-В5 і В30 (для громадського транспорту).

Перед початком експлуатації двигуна на біодизельному паливі слід промити фільтри грубого й тонкого очищення, а також замінити гумові паливні шланги й прокладки на полімерні. В окремих випадках знадобиться частіше змінювати моторні мастила, здатні зріджуватися у разі потрапляння в них біодизельного палива. У разі холодного пуску, можливо, зростатиме шумність двигуна. До того ж:

- підвищення густини й кінематичної в'язкості сприяє збільшенню дальності паливного факела і діаметра крапель розпиленого палива, що покращує потрапляння палива на стінки камери згоряння й гільзи циліндра;
- менший коефіцієнт стиску забезпечує збільшення кута випередження впорскування палива й максимального тиску в форсунці;
- високе цетанове число сприяє скороченню періоду затримки запалення і менш «жорсткій» роботі двигуна;
- підвищена температура спалаху в закритому тиглі (120 °С і більше) забезпечує пожежобезпечність;
- наявність кисню (10 %) дозволяє інтенсифікувати згоряння й забезпечити вищу температуру в циліндрі дизельного двигуна, що сприяє підвищенню індикаторного та ефективного ККД двигуна.

Задля збереження номінальних параметрів двигуна після його переведення на біодизельне паливо слід відрегулювати паливну апаратуру, щоб збільшити циклову подачу палива. Певний зростання викидів NOx можна компенсувати шляхом зменшення дійсного кута випередження впорскування палива, рециркуляцією спрацьованих газів, подаванням води на впуск.

Рекомендації щодо розвитку біопаливної галузі в Україні. Для сталого розвитку біопаливної галузі Україні потрібен послідовний і системний план дій, розрахований щонайменше на десять років. На думку авторів, було б доцільно зробити такі комплексні кроки в цьому напрямі:

1. Фіскальна підтримка:

- запровадити податок, що стимулюватиме виробників змішувати традиційне пальне з біологічним. Податок має стягуватися з кожного реалізованого літра палива. Дистриб'ютори не мають сплачувати цей податок, якщо вони доведуть наявність установленої частки біодобавок у пропонованому ними паливі;
- встановити пільгову ставку акцизного збору для сумішевих видів палива. Ставка єдиного податку і максимальні обсяги палива, їй відповідні, повинні щорічно переглядатися для компенсації різниці у вартості звичайного і біологічного палива, щоб уникнути надвиробництва;
- диверсифікувати ставку акцизного збору залежно від частки біодобавки. Спочатку пільги мають стосуватися сумішей із вмістом біопалива 2...5 %, із поступовим переходом до сумішей із часткою 5...10 % і вище;
- повністю звільнити від податків, щонайменше на десять років, заводи з виробництва біопалива;

- зробити біопаливо обов'язковим до застосування, установивши спеціальну систему штрафів за порушення цієї вимоги;
- надати значні податкові пільги постачальникам біопалива високої якості та розпочати його виробництво у великих обсягах;

- забезпечити поступове скорочення державної підтримки із становленням ринку;
- розробити програму «Чисте місто», що сприятиме розвитку ринку біопалива.

2. Регуляторна підтримка:

- розробити підзаконні нормативні акти, що регулюють застосування біопалива;
- запровадити систему сертифікації й моніторингу стандартів якості;
- розробити вимоги до якості сумішевих видів традиційних нафтопродуктів із часткою біопалива понад 5 %, удосконалені регламенти зі скорочення викидів CO₂, встановлення рівнів мінімальної біодеградації, забезпечення нульової токсичності води;

- створити інститут контролю якості.

3. Регіональний розвиток:

- розробити систему тендерів, за якою виробники біопалива зможуть отримувати офіційний довгостроковий сертифікат (терміном понад п'ять років) на постачання біопалива за державним замовленням;

- надавати інвестиційні гранти (до 20 % потреби в інвестиціях) для створення робочих місць у депресивних регіонах;

- субсидювати безвідсоткові позики чи позики з мінімальним відсотковою ставкою для розвитку виробничих потужностей у депресивних регіонах;

- розробити для кожного регіону план отримання оптимальних (за економічною та енергетичною ефективністю, ступенем захисту ґрунтів і водних ресурсів) урожаїв.

4. Розвиток інфраструктури:

- підтримувати конкурентоспроможну інфраструктуру й технології – зокрема, парк автомобілів із двигунами FFV;

- створити інфраструктуру, що забезпечує збирання біологічної сировини та її транспортування;

- забезпечити безперебійні поставки енергетичної сировини на заводи залежно від форми врожаю, часу збирання, виду зібраного матеріалу, стадії зрілості, умов довкілля, географії й використання у переробленні;
- інтегрувати транспортування біопалива в уже існуючу транспортну інфраструктуру.

5. Екологічна раціональність:

- розробити екологічно раціональні стратегії використання земельних ресурсів, що враховують кліматичні, екологічні, соціально-економічні особливості регіонів;

- використовувати як первинну, так і вторинну сировину сільськогосподарського й лісового господарства;

- розробити та ухвалити чіткі земельні закони, що чітко визначають землі для вирощування врожаю для запобігання ерозії ґрунтів і сприяння їхньому відновленню після використання;

- стимулювати застосування добровільних стандартів. Наприклад, безоплатне паркування чи додаткові вигоди за використання екологічно чистих транспортних засобів.

Висновки. Біодизель має низку переваг порівняно з традиційними видами палива, як екологічних, так і експлуатаційних. Але ці переваги не мають бути нівельовані можливими негативними екологічними наслідками, пов'язаними з неправильним землекористуванням чи застосуванням застарілих технологій.

При цьому біодизельне паливо не є панацеєю від енергетичних хвороб. Його впровадження вимагає розв'язання цілого ряду проблем, а саме:

- біопаливо, зазвичай, виробляють із рослинної сировини, кількість якої обмежена потребами харчової промисловості;

- використання недостатньо енергоефективних технологій поки що не дозволяє зменшити вищу порівняно з традиційним паливом собівартість виробництва біопалива;

- через наявність кисню біологічне паливо має меншу енергоємність, ніж його вуглеводневі аналоги, що позначається на ефективності його використання та експлуатаційних характеристиках;

- застосування біопалива не дає гарантії скорочення викидів токсичних газів;

- будь-яке біологічне паливо користується обмеженою підтримкою з боку споживачів (оскільки його експлуатаційні та економічні характеристики вимагають поліпшення), автовиробників (яких, передусім, турбує його корозійна активність), нафтовиків і переробників (розглядають його як конкурента).

До того ж біопаливо – такий же вичерпний ресурс, як і нафта, оскільки під час його одержання «витрачається» (часто – необоротно) родючість земель сільськогосподарського призначення. Тому вирощування в нашій країні сировини для виробництва біопалива має спрямовуватися насамперед на задоволення потреби українських споживачів, і завдання держави – цьому сприяти.

Для сталого розвитку біопаливної галузі Україні потрібен послідовний і системний план дій, розрахований щонайменше на десять років. На думку авторів, було б доцільно зробити такі комплексні кроки у таких напрямках: фіскальна й регуляторна підтримка, регіональний розвиток і розвиток інфраструктури, екологічна раціональність, інформування та освіта.

Список використаної літератури

1. *Аблаев А. Р.* Производство и применение биодизеля : справ. пособие / А. Р. Аблаев, Ф. М. Гумеров, И. Ф. Левин и др. – М. : АПК и ППРО, 2006. – 80 с.
2. *Колосов О. С.* Високоэффективні засоби приготування біопалива / О. С. Колосов, Г. Л. Рябцев, В. І. Сівецький та ін. – К. : Січка, 2010. – 152 с.
3. *Рябцев Г. Л.* Биодизель от «А» до «Я» / Геннадий Рябцев // Терминал. – 2007. – № 48. – С.8-15.

Надійшла до редакції 12.04.2014.

Riabtsev G. L., Burlakov V. M., Lytvynenko Ye. Yu.

FEATURES OF BIODIESEL PRODUCTION

Biodiesel has several advantages compared with conventional fuels, both environmental and operational. But these benefits should not be offset by the potential negative environmental impacts associated with land use or improper use of obsolete technologies.

Biodiesel is not a panacea for energy diseases. Its implementation requires solving a number of problems: biodiesel are usually made from plant material, the scope of which is limited to the needs of the food industry; use of energy efficient technologies is not enough until you can reduce high compared to conventional fuel production cost of biofuel; due to the presence of oxygen biofuel has less energy consumption than its hydrocarbon analogs, which affects the efficiency of its use and performance; application does not guarantee biofuels reduce emissions of toxic gases; any biofuel enjoys limited support from consumers (because its operational and economic characteristics need to be improved), car manufacturers (which is primarily concerned about its corrosivity), and oil refiners (see it as a opponent).

In addition, biofuels is the same finite resource, like oil, because during its production is consumed (often – irreversibly) the fertility of agricultural land. Therefore grown in our country, the raw material for the production of biofuels should be directed primarily to the needs of Ukrainian consumers, and the task of the state – contribute to this.

For sustainable biofuels industry in Ukraine need a coherent and systematic plan of action aimed at least ten years. According to the authors, it would be advisable to do the following steps to complete the following areas: fiscal and regulatory support, regional development, infrastructure development, environmental sustainability, information and education.

Keywords: *biofuel, biodiesel, rapeseed ester.*

References

1. *Ablaev A. R.* Proizvodstvo i primeneniye biodizel'ya [Production and use of biodiesel] : sprav. posobie / A. R. Ablaev, F. M. Gumerov, I. F. Levin i dr. – M. : APK i PPRO, 2006. – 80 s.
1. *Kolosov O. Ye.* Vysokoeffektivni zasoby pryhotuvannia biopalyva [Highly effective preparation of biofuels] / O. Ye. Kolosov, G. L. Riabtsev, V. I. Sivetskyi ta in. – K. : Sichkar, 2010. – 152 s.
- Riabtsev G. L.* Biodizel' ot «A» do «Ya» [Biodiesel from A to Z] / Gennadij Riabtsev // Terminal. – 2007. – № 48. – S. 8-15.