

Список літератури

1. *Авиационные правила*. Ч. 139. Сертификация аэродромов. Т. 2. Сертификационные требования к аэродромам, 1996. – 84 с.
2. *Нормы годности к эксплуатации в СССР гражданских аэродромов (НГЭА СССР)*. – М.: Транспорт, 1992. – 112 с.
3. *Аэродромы*. Приложение 14 к Конвенции о Международной гражданской авиации. Т. 1. Проектирование и эксплуатация аэродромов. – 3-е изд. – 1999, июль.
4. *Наставление по светотехническому обеспечению полетов в гражданской авиации СССР (НАЭСТОПГА - 86)*. – М.: Транспорт, 1987. – 127 с.
5. *Единые нормы летной годности гражданских транспортных самолетов стран – членов СЭВ*. Одобрены постановлением ПКГА СЭВ от 26.11.1984 г, введены в действие в качестве норм летной годности гражданских самолетов СССР 25.10.1985 г.
6. *Азарсков В.М., Дев'яткіна С.С* Надійність світлосигнальної системи аеродрому та безпека польотів на етапі візуального пілотування у складних метеоумовах // Вісн. Трансп. акад. України.– № 4. – 2001. – С. 12 – 14.
7. *Дев'яткіна С.С.* Методика визначення надійності світлосигнальних систем аеродромів // Матеріали III міжнар. наук. – техн. конф. «Авіа-2001», 24-26 квіт. 2001 р. – К., 2001. – С. 6.80–6.82.

Стаття надійшла до редакції 30.03.02.

УДК 662.756.3:504.062 (045)

В.М. Криворотько, канд. техн. наук,
В.М. Ісаєнко, канд. техн. наук

ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ НЕТРАДИЦІЙНІ ЕНЕРГОНОСІЇ З ВІДНОВЛЮВАНОЇ СИРОВИНИ

Розглянуто перспективи використання біомаси як екологічно чистого відновлюваного джерела енергії. Проаналізовано можливості та доцільність застосування олійних культур і, зокрема, ріпаку для виробництва нетрадиційного екологічно безпечного моторного палива для дизельних двигунів, його основні фізико-хімічні показники, екологічні й експлуатаційні характеристики та потенціал транспортних засобів, здатних працювати на зазначеному паливі.

Вступ. В останнє десятиріччя стратегічного значення для України набула проблема забезпечення її господарства енергетичними ресурсами. У зв'язку з цим державна концепція енергетичної політики, яка була прийнята у 1994 р., визначила такі довгострокові пріоритети розвитку енергетики України до 2010 р.:

- скорочення загального енергетичного споживання;
- підвищення частки місцевих енергоресурсів у загальному постачанні з 42 до 51 %;
- збільшення долі нових, відновлюваних енергоресурсів з 2 до 8–10 %.

Одним із шляхів зменшення обсягів споживання традиційних енергоносіїв є впровадження енергозберігаючих технологій та використання як альтернативних нетрадиційних енергоносіїв, зокрема, відновлюваних джерел енергії.

Застосування нетрадиційних енергоносіїв дозволяє вирішити кілька важливих проблем:

- скоротити споживання органічного палива, а отже, зменшити негативний вплив від його спалювання на навколишнє середовище;
- ефективно вирішувати регіональні проблеми забезпечення енергоносіями на базі місцевих, у тому числі і відновлюваних ресурсів;
- створити нові робочі місця.

Використання енергії нетрадиційних і відновлюваних джерел у світі постійно збільшується. У 1996 р. частка нетрадиційних джерел перевищила 6% загального енергоспоживання країнами – членами ЄС. Планується, що до 2010 р. в ЄС частка відновлюваних джерел енергії в загальному споживанні первинних енергоносіїв зросте до 12% [1]. Але вже і сьогодні деякі європейські країни досягли досить високого рівня у використанні відновлюваних джерел енергії. Наприклад, в Австрії їх частка у структурі енергоспоживання досягає 24%, а в Швеції та Фінляндії – близько 25% [2].

В Україні теж є значний потенціал практично всіх основних видів нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії, але на даний час їх використання становить незначну долю в загальному обсязі енергоспоживання. Згідно з завданнями Програми державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики, схваленої Постановою Кабінету Міністрів України від 31 грудня 1997 р., №1505, заплановано довести обсяги використання нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії та виробництва альтернативного палива до рівня, що забезпечить заощадження традиційних паливно-енергетичних ресурсів у 2010 р. у розмірі до 10 % від їх загального споживання в Україні.

Аналіз теоретичних даних та практичних результатів, отриманих у провідних країнах світу за останні 15 р. [3], а також розробок та досліджень, виконаних вітчизняними науковцями [4], свідчить, що найбільш перспективним і екологічно чистим відновлюваним джерелом енергії в умовах України, який відповідає довгостроковим пріоритетам державної концепції енергетичної політики, завданням Програми державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики, а також світовій концепції розвитку енергетики в ХХІ ст., є одна з форм сонячної енергії – енергія фотосинтезу, продуктом якого є біомаса. Як зазначалося у звіті Генерального секретаря ООН «Нові і відновлювані джерела енергії. Акцент на біомасі: прогрес і політика» на засіданні Комітету з нових і відновлюваних джерел енергії Економічної і соціальної Ради ООН 04 квітня 1996 р., біомаса є найзначнішим і найбільш збалансованим джерелом енергії, яке може дати близько 4500 ЕДж щорічного первинного виробництва. Річний запас енергії фотосинтезу в біомасі у 8–10 разів перевищує сьогоденні використання енергії всіх джерел [5].

На сьогоднішній день біомаса покриває в середньому 15% загального споживання первинних енергоносіїв у світі. При цьому у країнах, що розвиваються, цей показник складає 48%, у США її частка становить 3,2%, у Данії – 6%, в Австрії – 12%, у Швеції – 18%, у Фінляндії – 23%. Планується, що до 2010 р. в ЄС у загальному вкладі відновлюваних джерел енергії частка біомаси зросте до 74% [6].

Використанню біомаси як палива сприяють такі її властивості:

- великий потенціал і відновлюваний характер;
- надійність системи енергозабезпечення на її основі;
- можливість значного зниження викидів SO_2 , NO_x і CO в атмосферу у порівнянні з вугільними станціями;
- значний вклад у вирішення екологічних проблем за рахунок використання відходів біомаси;
- суттєвий внесок у вирішення соціальних проблем;
- економічний розвиток регіонів.

Важливо зазначити також, що використання біомаси як палива – одна з небагатьох альтернатив зниження парникового ефекту, оскільки рослинні відходи є нейтральними відносно до балансу вуглекислого газу CO_2 в атмосфері. Тобто при спалюванні біомаси в повітря виділяється така ж його кількість, яка була поглинута у процесі росту рослин. Використання ж нафти, вугілля та газу для отримання енергії призводить до збільшення концентрації CO_2 в атмосфері, оскільки при цьому спалюється вуглець, який накопичувався в цих енергоносіях протягом мільйонів років. У той же час згідно з протоколом про сумісні зусилля зі зниження обсягів надходження парникових газів в атмосферу, підписаному у 1997 р. в м. Кіото, промислово розвинені країни світу повинні до 2010 р. знизити порівняно з 1990 р. викиди цих газів у середньому на 5,2 %. В Європі таке зниження повинно скласти 8 %.

Однак на практиці лише декілька типів біомаси можна розглядати як потенційні джерела енергії. Тому розвиток широкомасштабного виробництва енергії з використанням біомаси буде залежати від обсягів вирощування «енергетичних» сільськогосподарських культур і, зокрема, ріпаку [5].

У Державній програмі з вирощування та використання ріпаку в Україні (1993 р.) відзначалося, що серед олійних культур ріпак є найбільш цінною як за вмістом олії, так і за можливою врожайністю культурою, а за кількістю загального виходу олії з одного гектара – є одним з перших. Враховуючи те, що рослинні олії є найбільш придатними для виробництва пального, ріпак може бути одним з основних джерел сировини для виробництва моторного палива для дизельних двигунів [7].

Як відомо, рослинні олії за своїми фізико-хімічними властивостями найбільш подібні до нафтового дизельного палива (ДП). Але, незважаючи на незначну різницю в теплоті згорання, безпосереднє використання рослинних олій як пального в сучасних серійних дизельних двигунах обмежене внаслідок їх високої густини, через що вони гірше розпилюються. Цетанове число олій теж у середньому на 16% вище, ніж у ДП, а це потребує підвищення ступеня стиснення. До інших недоліків олій можна віднести також відносно високу температуру застигання та значну інтенсивність відкладання залишків у циліндрах двигуна.

Для усунення негативних явищ та недоліків при використанні рослинних олій як пального на серійних дизельних двигунах їх розбавляють дизельним паливом, газоліном або змінюють конструкцію самого двигуна.

Розробки двигунів різних типів (автотранспортних, сільськогосподарської техніки, тепловозних, судових, дизель-генераторів), які працюють на ріпаковій олії (Naturdiesel), вже виконані у деяких країнах Західної Європи, зокрема, у Німеччині (фірми Elsbett, AMS, DMS, Deutz Fahr) і застосовуються поряд із звичайними двигунами, особливо там, де необхідно поліпшити екологічний стан навколишнього середовища. Деякі типи таких двигунів розроблено і в Україні (зокрема, завод ім. Малишева, м. Харків), але до сьогоднішнього дня вони ще не знайшли широкого застосування.

У значно більших об'ємах як пальне для дизельних двигунів у країнах Західної Європи використовують метилові ефіри жирних кислот, які є продуктом глибокої переробки ріпакової олії шляхом її переетерифікації метанолом (ріпаково-метилові ефіри – РМЕ). Це біопальне не має властивих олії недоліків, і інтенсивність утворення відкладень на деталях циліндро-поршневої групи та форсунках при застосуванні його на серійних дизельних двигунах не вище, ніж при роботі на ДП. Тому в умовах обмеженості паливних ресурсів РМЕ можуть розглядатися як альтернатива ДП з нафти (табл. 1) і є нетрадиційним, екологічно чистим біопальним рослинного походження для автотранспорту, сільськогосподарської техніки, суден, тепловозів, стаціонарних теплових та енергетичних установок [3; 8–16]. До складу РМЕ входять:

- метилові ефіри жирних кислот (95–98 % мас.);
- тригліцериди (1,3–4,3 % мас.);
- вільні жирні кислоти (не більше 0,2 % мас.);
- метанол (не більше 0,3 % мас.);
- вода (не більше 0,1 % мас.);
- інші домішки (не більше 0,1 % мас.).

Вміст сірки. Сировина, яка використовується для отримання РМЕ, – рослинного походження і тому не містить сірки. Виходячи з того, що цей елемент не присутній на жодній стадії виробництва РМЕ, можна стверджувати, що сірка в РМЕ повністю відсутня. Заміна 250 000 ДП на таку ж кількість РМЕ призвела б до зменшення викидів в атмосферу сірчаного ангідриду на рівні 1 000 000 кг у рік.

Вміст ароматичних і поліциклічних вуглеводнів. Нафта та нафтопродукти є джерелами канцерогенних речовин. Це, як правило, продукти високотемпературної переробки нафти-бензин, гас, дизельне паливо [17].

Основні фізико-хімічні показники РМЕ

Назва показника	Норма
Зовнішній вигляд	Прозора рідина
Колір	Від світло-жовтого до темно-жовтого
Густина, г/см ³ , при 20 °С, не більше	0,86–0,9
Цетанове число, не менше	45
Кінематична в'язкість, мм ² /с, при 20 °С	6,0–9,0
Температура помутніння, °С, не вище	-5
Температура перегонки 96%, °С, не вище	360
Температура спалаху в закритому тиглі, °С, не вище	100
Зольність, %, не більше	0,02
Вміст води, %, не більше	0,1
Вміст механічних домішок	Відсутнє
Кислотне число, мг КОН/г, не більше	0,5
Теплота згоряння, МДж/кг	36,4

Професійне захворювання раком шкіри у людей, які контактують з продуктами переробки нафти, викликають канцерогенні поліциклічні ароматичні вуглеводні і, зокрема, бенз- α -пірен (БП). Природний рівень БП не перевищує 5–10 мкг/кг сухої речовини, а у рослин – 1–5 мкг/кг. Вміст же БП у нафтових паливах коливається в межах від 30 (бензин) до 300 мкг/кг (дизельне паливо) [18]. У РМЕ немає ні ароматичних вуглеводнів, ні ароматичних поліциклідів. Це означає, що вони не випаровують леткі речовини, небезпечні для обслуговуючого персоналу. Зниження вмісту ароматичних вуглеводнів у паливі означає зниження їх вмісту і у відпрацьованих газах двигунів. Повне їх виключення неможливе, тому що деяка кількість утворюється в результаті присутності в камері згоряння мастила. Але зниження ароматичних складових і поліциклідів у вихлопних газах досягає приблизно 50 % [3; 9; 10].

Співвідношення CO₂ і парниковий ефект. На всіх етапах технологічного процесу виробництва дизельного палива з нафти спостерігається лише виділення CO₂ в атмосферу, у той час як у виробничому циклі з використанням РМЕ існує надзвичайно важлива фаза поглинання CO₂ з атмосфери ріпаком, з якого отримують РМЕ шляхом фотосинтезу. Стає очевидним, що РМЕ не погіршує ситуацію, яка призводить до парникового ефекту. Досліди, виконані Французьким агентством з освоєння енергії, показали, що при виробництві РМЕ виділяється в п'ять разів менше газів, що спонукають парниковий ефект, ніж при виробництві ДП з нафти.

Біологічний розпад. Ця властивість РМЕ є дуже цінною, особливо при використанні в навігації, сільському господарстві тощо, де випадкове попадання палива на ґрунт, у ґрунтові води або на водну поверхню завдає надзвичайно великої шкоди довкіллю. Досліди на біологічний розпад РМЕ, що були проведені на експериментальній станції мастил та жирів у Мілані (Італія), показали їх безперечні переваги над ДП з нафти, відносно якого цей термін навіть не застосовується. За 3 дні біологічний розпад РМЕ складав близько 21,3 %, за 6 – 39,6 %, за 12 – 53,8 %, за 18 – 65,4 %, за 28 – 76,6 %.

Використання на автотранспорті. Результати досліджень останніх років щодо викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами дизельних двигунів автотранспортних засобів і сільськогосподарської техніки при їх роботі на РМЕ, проведених у Франції, Італії, Німеччині, Австрії, Англії, Швеції, Швейцарії [3] та Україні [19], чітко вказують на переваги використання РМЕ стосовно впливу на навколишнє середовище порівняно з нафтовим ДП. Потужність та паливна економічність двигунів, що працювали на РМЕ без додаткового регулювання практично не змінюється. Разом з тим забезпечується суттєве зниження димності відпрацьованих газів, викиди CO (монооксиду вуглецю), HC (вуглеводнів) і твердих частинок, особливо сажі. Токсичність відпрацьованих газів знижується за рахунок відсутності поліциклічних ароматичних вуглеводнів та сполук сірки. Викиди NO_x (оксидів азоту) дещо вищі, але це усувається незначним

зменшенням кута попередження впорскування пального або встановленням каталітичного нейтралізатора. Зокрема, за результатами випробувань фірми «Mercedes-Benz», «Opel» і «Volkswagen» (Німеччина) зняли всі обмеження і допускають роботу своїх транспортних засобів як на ДП, так і на РМЕ [11].

Результати досліджень викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами деяких серійних дизельних двигунів наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Порівняльні дані викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигунів при роботі на РМЕ та ДП

Викиди, г/(кВт·год)	Двигун СМД-23.07 (завод ім. Малишева)			Двигун ТНД101GD (фірма «Volvo»)			Двигун 200 D з каталізатором (фірма «Mercedes»)		
	ДП	РМЕ	Відсоток РМЕ до ДП	ДП	РМЕ	Відсоток РМЕ до ДП	ДП	РМЕ	Відсоток РМЕ до ДП
NO _x	13,6	13,7	101	14,6	14,6	100	0,74	0,76	103
CO	3,6	3,6	100	3,5	1,6	46	0,14	0,14	100
HC	0,45	0,35	78	0,46	0,38	83	0,04	0,04	100
Тверді частинки	–	–	–	0,73	0,19	26	0,1	0,05	50

Закінчення табл. 2

Викиди, г/(кВт·год)	Двигун 4 P13,5AL (фірма «TMW»)			Двигун фірми «Volkswagen»		
	ДП	РМЕ	Відсоток РМЕ до ДП	ДП	РМЕ	Відсоток РМЕ до ДП
NO _x	9,71	10,08	104	0,637	0,688	108
CO	1,73	1,86	107	0,397	0,357	90
HC	0,76	0,44	58	0,085	0,066	78
Тверді частинки	1,404	1,034	74	0,071	0,046	65

Середні результати викидів NO_x з відпрацьованими газами двигунів при роботі на РМЕ склали: NO_x – 103 %, CO – 88 %, HC – 80 %, тверді частинки – 47 %.

Узагальнюючи дані табл. 2, можна зробити висновки, що показники NO_x суттєво не змінюються, викиди CO скорочуються в середньому на 12%, CH – на 20 %, твердих частинок – на 43 %.

Використання РМЕ для отримання теплової енергії. Дослідження роботи парових котлів різних потужностей на РМЕ показали, що стосовно до викидів шкідливих речовин в атмосферу вони мають значно кращі результати по відношенню до котлів, які працювали на традиційному паливі. Це особливо важливо для енергонасичених міст України, де складається критична ситуація з чистотою повітря.

При переведенні котла потужністю 10⁶ ккал за рік з традиційного палива на РМЕ зменшення об'ємів викидів шкідливих речовин склали [9]: пилу – на 96 %, CO – на 75 %, SO₂ – на 100 %, NO – на 42 %, бензолу – на 99,9 %, толуолу – на 99,9 %, ксилолу – на 99,9 %, етилбензолу – на 59 %.

Застосування РМЕ як біодизельного пального в країнах Західної Європи. На сьогодні у більшості країн Західної Європи обсяг використання РМЕ як пального для дизельних двигунів

постійно зростає [3]. Це пов'язано як із запровадженням у Європі нових, більш жорстких норм викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигунів у навколишнє середовище (EURO-3), досягти яких значно простіше при використанні біопального, так і з ростом кількості автотранспортних засобів з дизельними двигунами. Зокрема, якщо в 1989 р. кількість легкових автомобілів з дизельними двигунами у Західній Європі була порівняно незначною, то в 1997 р. вона вже склала 44 % від загальної кількості автомобілів [19]. За прогнозами фірми «Esso AG», до 2020 р. кількість автомобілів з бензиновими двигунами зменшиться на 6,2 %, а кількість автомобілів з дизельними двигунами виросте у два рази [20].

Біопальне в Європі використовують за двома принциповими схемами – «французькою» та «німецькою». У першому випадку основний споживач біопального – автотранспорт та автобуси, експлуатація яких в крупних містах на традиційному ДП заборонена, і штрафи за перевищення викидів токсичних речовин перевищують різницю у вартості РМЕ (Plant oil) і ДП (Diesel oil). Крім того, існує багато провінцій, де суворо обмежується використання традиційного ДП, що чітко контролюється місцевими органами влади. Тому, хоча собівартість біопального порівняно з традиційним ДП у Франції вища, його виробництво стимулюється урядом і заплановано нарощувати його об'єми з метою заміни біопальним до 5 % традиційного дизельного палива [12]. Цим же шляхом пішли Бельгія та Нідерланди, де 80–85 % громадського транспорту працює на біодизельному пальному [13]. В Австрії це пальне теж використовують замість звичайного ДП для міських автобусів. У країні побудовано 40 заправних станцій, де власники легкових автомобілів та таксі теж можуть купувати біодизельне паливо [21]. Експлуатація міських автобусів на РМЕ починається і у м. Цюриху (Швейцарія) [14].

У «німецькому» варіанті виробник РМЕ (в основному, виробник сировини, тобто ріпаку) у більшості сам же і є його споживачем – для своїх сільськогосподарських машин (тракторів і комбайнів). Крім зазначеного, РМЕ застосовується і як пальне для автотранспорту. За даними карти UFOP (Union zur Forderung von Oel-und Proteinpflanzen E.V., Bonn) у 1996 р. в Німеччині налічувалося 500 автозаправних станцій з біодизельним паливом, а на сьогодні їх вже понад 800. Передбачається, що до 2005 року близько 5 % всього використовуваного для дизельних двигунів пального буде вироблено з відновлюваних джерел і, в першу чергу, з ріпаку [15].

За даними Британської асоціації біопалив та олій (BAVFO), у 1995 р. виробництво біодизельного пального в Європі сягало 327 000 т, а в найближчому майбутньому має зрости до 625 000 т [13]. У той же час, внаслідок обмеженості посівних площ, які можуть бути зайняті ріпаком, потреба в такому паливі в країнах ЄС не задовольняється, що дає шанс майбутнім потенційним виробникам його в Україні вийти на зовнішній ринок.

Потенціал транспортних засобів у господарстві України, які можуть працювати на біодизельному пальному (РМЕ). Дизельні двигуни були розроблені з розрахунком на використання пального, що має певні фізичні та хімічні властивості. Важливою особливістю РМЕ є те, що немає необхідності у структурних змінах серійних дизельних двигунів. Згідно з даними ІМЕСГ УААН, використання РМЕ як пального (а інколи і чистої ріпакової олії або її суміші із звичайним дизельним паливом) у сучасних серійних дизельних двигунах автотранспортної та сільськогосподарської техніки не викликає проблем. Їх можна застосовувати і у дизельних двигунах, що серійно випускаються у м. Харкові (на заводі ім. Малишева). Ці двигуни здатні працювати на кількох видах пального, включаючи і РМЕ.

Існує лише два аспекти застосування РМЕ як пального, які варті уваги [16]:

– через високу агресивну активність метилового ефіру всі прокладки, діафрагми та елементи ущільнення, які мають прямий контакт з паливом, мають бути виготовлені з більш стійких матеріалів (позитивний досвід вже існує);

– запуск дизельного двигуна, який працює на РМЕ, при низьких температурах є проблематичним, тому автотракторну техніку з дизельними двигунами рекомендується обладнати (при відсутності) пускачами, які працюють на традиційному дизельному паливі, або ж застосовувати біодизельне пальне з відповідними присадками.

Висновок. Сьогодні для України за прикладом європейських країн, які, відчуваючи дефіцит ресурсів нафти, пішли шляхом освоєння ріпаку як енергосировини, настав час розвивати власні потужності для переробки ріпаку та виробництва з ріпакової олії біодизельного пального. Цьому, на наш погляд, сприяє і Закон України «Про альтернативні види рідкого та газового палива», прийнятий у першому читанні. Проведені попередні розрахунки засвічили, що у випадку створення агропромислового господарства із замкнутим циклом виробництва (вирощування ріпаку та переробка його врожаю на біодизельне пальне) вартість біодизельного пального складе приблизно 0,3 \$/л (розрахунок проведений для випадку використання української та німецької сільськогосподарської техніки в аграрному циклі; російського та польського обладнання з післязбиральної обробки та зберігання його насіння, а також чеського обладнання з виробництва безпосередньо біопального потужністю 1000 т за рік за умови реалізації побічної продукції). Зниження вартості пального можливе як за рахунок використання високоврожайних районуваних сортів ріпаку класу «00» і впровадження сучасних агротехнологій його вирощування, так і за рахунок заміни певного імпортного обладнання вітчизняним.

Враховуючи, що щорічна потреба України в ДП складає в середньому 5 000 000 т, економія його хоча б у кількості 10 % за рахунок застосування РМЕ суттєво б знизилася паливну залежність від країн-імпортерів нафтопродуктів і дозволила б значно поліпшити екологічний стан навколишнього середовища країни.

Список літератури

1. Томас М. Развитие возобновляемой энергетики в Европейском Союзе // Возобновляемая энергия. – 1998. – № 3. – С. 3–8.
2. Puhringer J. Opening speech on European Conference on Renewable Raw Materials // Groups for a Green Industry. Austria – 1998. – 6 – 8 oct.
3. Реферативный журнал ВИНТИ. Двигатели внутреннего сгорания. – 1985–2001.
4. Гелетуха Г. Биоэнергетический потенциал Украины // ММ. Деньги и технологии. – 2000. – Ноябрь. – С. 22–26.
5. Энергия будущего века. – 1996. – № 3.
6. Гелетуха Г.Г., Железная Т.А., Марценюк З.А. Концепция развития биоэнергетики в Украине // Промышленная теплотехника. – 1999. – Т.21, № 6. – С. 94–102.
7. Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов / Г.А. Терентьев, В.М. Тюков, Ф.В. Смаль и др. – М.: Химия, 1989. – 272 с.
8. Курган С. Биодизтопливо или «рапсовая солярка» // Нафтопродукти. – 2000. – 3 квіт. – № 13.
9. Биодизтопливо. Действительность и перспективы / Consulting office Italy-Ukraine. – 15 с.
10. Вивчення альтернативних джерел біодизельного пального стосовно дезактивації земель; Фінальний звіт ТАСИС/92/AFUKR 006.– Лип. – 1995.
11. Kohler E. Biodiesel ein vollwertiger Kraftstoffersatz // Raps. – 1994. – 12, №1. – С. 8–11.
12. Перспективи вирощування та переробки ріпаку в Україні / Черніг. Держ. центр наук.-техн. інформації. – Чернігів, 1998. – 78 с.
13. Ріпак / За ред. В.Д. Гайдаша. – Івано-Франківськ: Сіверсія ЛТД, 1998. – 224 с.
14. Rick M., Reiewitz A. Der Einsatz von Biodiesel // Raps. – 1995. – 13, № 3. – С. 124–125.
15. Theil-Gandi A. Biodiesel: Umwelt-schonende Treibstoffalternative // Waste Mag. – 1997. – № 2. – С. 50–51.
16. Криворотько В.М., Сухенко Ю.Г. Двигуни на рослинній олії: правда і вимисел // Світ. – 1999. – Лип. – № 27–28.
17. Серковская Г.С. О канцерогенности нефти и нефтепродуктов // Химия и технология топлив и масел. – 1996. – №1. – С. 39–45.
18. Ильницький А.П., Мищенко В.С., Шабад Л.М. Канцерогенные вещества в окружающей среде. – М.: Гидрометеиздат, 1979. – 230 с.
19. Bauder Richard. Die Zukunft der Dieselmotoren – Technologie // MTZ: Motorentech. Z. – 1998. – 59, №7–8. – С. XII–XVII.
20. Auto mit Dieselmotor immer beliebter // Fakten. – 1998. – 31, №4. – С.3.
21. Андриенко О. Использование биомассы в энергетике будущего // ТЭК. – 2000. – №7. – С. 36–41.

Стаття надійшла до редакції 23. 04. 02.