

УДК 504.054:620.9

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ  
ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ  
РЕЧОВИН У ПОВІТРЯ  
ТРАДИЦІЙНИМИ  
ЕНЕРГОНОСІЯМИ ТА  
РІЗНИМИ ВИДАМИ  
БІОПАЛИВА**

**С.Ф. РАЗАНОВ, доктор с.-г. наук,  
професор  
О.П. ТКАЧУК, кандидат с.-г. наук,  
старший викладач  
Вінницький національний аграрний  
університет**

*У статті показано альтернативність використання біологічних джерел енергії з точки зору їх впливу на забруднення атмосферного повітря. Здійснено класифікацію біоенергетичних джерел. Приведені обсяги викидів забруднюючих речовин різними видами традиційних джерел енергії та біоенергетичними джерелами. Встановлено вплив різних видів палив на інтенсивність прояву парникового ефекту. Зроблено висновки щодо необхідності та доцільності використання різних видів біопалива в галузях народного господарства.*

**Ключові слова:** біопалива, традиційні джерела енергії, атмосферне повітря, забруднення.

**Табл. 4, Рис. 2., Літ. 7.**

**Постановка проблеми.** Важливість атмосферного повітря у житті людини важко переоцінити. Це джерело кисню для дихання та вуглекислого газу для процесу фотосинтезу зеленими рослинами, воно визначає кліматичні і погодні умови, є носієм світла, тепла, вологи. Проте якість повітря з кожним роком погіршується. Зростають обсяги викидів парникових газів, токсичних речовин, що, в першу чергу, позначається на стані здоров'я людей.

Така тенденція характерна і для Вінницької, переважно сільськогосподарської, області. Протягом останніх років обсяг викидів забруднюючих речовин у повітря області складає біля 170 тис. т, що становить 2,5 – 2,8% від загальнодержавного показника. Окрім того, у повітря надходить щорічно 5,7 млн. т вуглекислого газу [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Серед загального обсягу викидів забруднювачів у повітря, 51,4 % припадає на стаціонарні джерела забруднення та 48,6 % – на пересувні. Зі всіх стаціонарних джерел біля 70% викидів здійснює Ладжинська ТЕС, а серед пересувних – 90% припадає на автомобільний транспорт. Найбільша частка викидів забруднюючих речовин – понад 77%, припадає на бензиновий автотранспорт [2].

Процесом, що порушує стабільність газового складу повітря є спалювання різного виду традиційного палива. Всі викиди забруднюючих речовин у повітря внаслідок спалювання можна розподілити на такі групи:

- сполуки сірки (сірчаний ангідрид, сірководень, органічні сполуки);
- сполуки азоту (аміак, окиси азоту);
- сполуки вуглецю (окис і двоокис вуглецю, ціаністі сполуки);
- отруйні аерозолі – дим, пар і туман (пар і туман сірчаної, азотної, соляної кислот, ртуті, органічних сполук, радіоактивний пил тощо);
- сполуки фтору та хлору.

Найбільш масовими викидами є оксиди сірки та інші сірковмісні сполуки, оксиди азоту і сполуки вуглецю. Зокрема на Вінниччині основними забруднювачами атмосфери є діоксид та інші сполуки сірки (28,62% від загального обсягу викидів), оксид вуглецю (38,1%) та сполуки азоту (10,85%) і тверді частинки (6,4%). Серед викидів Ладижинської ТЕС 78,0% належить діоксиду сірки, 9,0% – діоксиду азоту і 11,0% – твердим речовинам (табл. 1).

Таблиця 1

**Структура викидів забруднюючих речовин у повітря Ладижинською ТЕС**

Забруднююча речовина	Частка, %
Діоксид сірки	78,0
Тверді речовини	11,2
Діоксид азоту	9,0
Оксид вуглецю	0,8
Інші	1,0
Всього	100,0

Джерело: [1,2]

Для виробництва електричної енергії на ТЕС використовується переважно кам'яне вугілля з вмістом сірки 1,77%, золи 19,9%, а також природний газ та мазут з вмістом сірки 2,45%. Частково зменшити викиди діоксиду сірки підприємство може за рахунок зменшення вмісту сірки у вугіллі, а твердих частинок – зменшенням зольності вугілля.

В структурі викидів автомобільного транспорту області переважає оксид вуглецю – 73%, а також оксиди азоту та леткі органічні сполуки – по 10%. Висока концентрація транспортних засобів має вирішальний вплив на стан довкілля у містах області. Токсичність відпрацьованих газів бензинових двигунів зумовлена переважанням оксидів вуглецю та азоту. А дизельних – оксидом азоту і сажі. При згорянні 1 кг бензину у повітря виділяється 300 – 310 г токсичних речовин, а при згорянні 1 кг дизельного палива – 80 – 100 г [3].

Одним із перспективних напрямків зниження обсягів викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря області є використання альтернативних джерела енергії, зокрема біоенергетичних на основі побічної продукції рослинництва, тваринництва, лісового господарства та переробки побутових відходів.

Істотними перевагами біоенергетики є її дешевизна, великі обсяги біосировини у аграрній Вінницькій області та відновність. Недоліками біоенергетичних засобів є їх нерівномірний розподіл у часі і просторі та менша концентрація енергії. При цьому необхідно обов'язково враховувати вплив спалювання біопалива на забруднення повітря.

**Формулювання цілей статті.** Проаналізувати обсяги викидів забруднюючих речовин у повітря при згорянні різних видів біопалива та порівняти їх з традиційними джерелами енергії.

**Виклад основного матеріалу.** За агрегатним станом всі біопалива поділяються на три види: тверде біопаливо, рідке біопаливо і біогаз [4]. Різні види біопалив мають не однакову теплотворну здатність (табл. 2).

Таблиця 2

**Теплотворна здатність різних видів палива**

Вид палива	Теплотворна здатність, МДж / кг
Дизельне паливо	36
Бензин	39
Дерево	12
Буре вугілля	16
Брикети з деревних відходів	18
Кам'яне вугілля	20
Природний газ, м <sup>3</sup>	32
Біогаз, м <sup>3</sup>	23
Мазут	29
Біодизель	33
Пелети	16

*Джерело: [5]*

Зокрема 1 м<sup>3</sup> неочищеного біогазу утворює енергію 23 МДж, і за енергоефективністю рівноцінний 0,6 м<sup>3</sup> природного газу. При спалюванні 1 тонни деревного брикету виділяється стільки ж енергії, скільки при спалюванні 1,6 тонн деревини, 480 м<sup>3</sup> газу, 500 літрів дизельного палива або 600 літрів мазуту. 1 кг пелетів рівноцінний за теплою спалюванні 0,5 м<sup>3</sup> природного газу, а 1 л біодизелю майже не поступається 1 л дизельного палива.

Найбільш вивченим та впровадженим у виробництво є тверде біопаливо. Воно представлене відходами сільськогосподарського, лісогосподарського та промислового виробництва у вигляді паливних брикетів, пелетів, гранул, тирси, деревини. Енергетична цінність та екологічна безпечність твердого палива залежить від виду біомаси, особливостей вирощування, зберігання, переробки та технічної досконалості теплових генераторів.

Найменший негативний вплив на довкілля при спалюванні твердого біопалива можна отримати при використанні гранул, пелет і брикетів з трав'янистої чи деревної біомаси (табл. 3).

Використання твердого біопалива найбільш доцільним є саме в енергетичному комплексі.

Таблиця 3.

**Рівні викидів забруднюючих речовин в атмосферу при спалюванні різних видів палива**

Вид палива	Викиди, т/ тис. т палива				
	CO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	тверді частки	разом
Природний газ	1,18	3,52	0	0	4,7
Брикети, пелети	4,68	9,32	0,28	4,11	17,7
Деревина	4,9	9,4	0,3	4,3	18,9
Тирса	5,0	9,6	0,5	5,0	20,0
Мазут	5,2	5,2	35,3	0,3	45,9
Брикети торф'яні	8,0	26,8	3,0	13,0	50,9
Кам'яне вугілля	9,6	63,6	9,2	65,3	147,7

Джерело: [5]

В загальному обсязі викидів пелети і брикети є найбільш безпечним видом палива, окрім природного газу. Загальні викиди забруднюючих речовин від згоряння пелетів становлять 17,7 т/тис. тон палива, що в 8,3 рази менше ніж від згоряння кам'яного вугілля, у 2,6 рази менше, ніж від згоряння мазуту. Істотно менші обсяги викидів оксидів сірки при згорянні пелетів, азоту, вуглецю та твердих частинок. Зокрема порівняно з кам'яним вугіллям викиди сірки зменшуються в 32,9 раз, азоту – у 6,8 раз, вуглецю – у 2 рази і пилу – у 15,9 раз.

Пелети є складовою природного обігу вуглекислого газу. Тому що при їх згорянні у довкілля потрапляє стільки ж CO<sub>2</sub> скільки спожили спалені зелені рослини для процесу фотосинтезу. Тобто при згорянні пелетів у повітря надходить стільки ж вуглекислого газу, скільки його б утворилось при природному розкладанні органічних решток рослин. Дизельне паливо і мазут містять в собі чи не всі елементи таблиці Менделєєва. При їх спалюванні виділяється величезна кількість шкідливих для організму людини речовин, у тому числі канцерогенів [5].

Біогаз виробляють з соломи, лушпиння соняшника, тирси, деревини та інших видів твердого біопалива. Він містить 55–75% метану, 25–45% вуглекислого газу, домішки водню, сірководню, азоту, ароматичних вуглеводнів,

Рідке біопаливо представлене рослинною олією, біооливами, біодизелем, біоетанолом та біометанолом. Основні напрями його використання – присадки до бензину (біоолива), або його складова (біоетанол, біометанол), замітник або складова дизельного палива (біодизельне паливо). Основна екологічна перевага рідкого біопалива у двигунах внутрішнього згоряння, навіть при використанні його в якості добавки до бензину, це істотне зменшення або повна відсутність викидів у довкілля шкідливого свинцю, вуглеводнів та метанолу. Вміст сірки в біодизелю в 10 разів менший ніж у дизпаливі (табл. 4).

Таблиця 4.

**Склад відпрацьованих газів автомобілів, %**

Забруднююча речовина	Бензиновий двигун	Дизельний двигун	Біодизель
Вуглекислий газ	5,0 – 12,0	1,0 – 10,0	
Діоксид вуглецю	5,0 – 14,0	1,0 – 12,0	
Оксид вуглецю	0,1 – 10,0	0,01 – 0,3	0,005 – 0,14
Оксид азоту	0,1 – 0,5	0,001 – 0,4	0,0012 – 0,0043
Альдегіди	0 – 0,2	0 – 0,009	-
Вуглеводні	0,2 – 3,0	0,01 – 0,5	0,006 – 0,28
Сірчаний газ	0 – 0,002	0 – 0,03	0 – 0,007
Оксид сірки	0 – 0,003	0 – 0,015	0 – 0,0015
Свинець, мг/м <sup>3</sup>	0 – 60,0	-	-
Сажа, г/м <sup>3</sup>	0 – 0,4	0,01 – 1,1	0,006 – 0,6
Бенз(а)пірен, г/м <sup>3</sup>	до 0,00002	до 0,00001	-

Джерело: [3,6]

Кількість викидів шкідливих сполук і твердих частинок при використанні біодизелю зменшується на 20 – 25% порівняно з дизельним паливом, а чадного газу – на 10 – 12%, викиди сірки зменшуються на 98%, сажі – на 50 – 61%, гідрокарбонатів та вуглекислих монооксидів – на 30 – 34%, диму в 2 рази, СО на 7,2%, вуглеводнів на 1,9%, діоксиду сірки на 75% [6].

Альтернативні біопалива також істотно впливають на зменшення викидів парникових газів – СО<sub>2</sub> та метану. Зокрема при виробництві електроенергії, спалювання пелетів сприяє зниженню викидів парникових газів у 12 раз, ніж при використанні кам'яного вугілля, в 7,3 рази – ніж при використанні мазуту і в 5 раз ніж при використанні природного газу (рис. 1.).

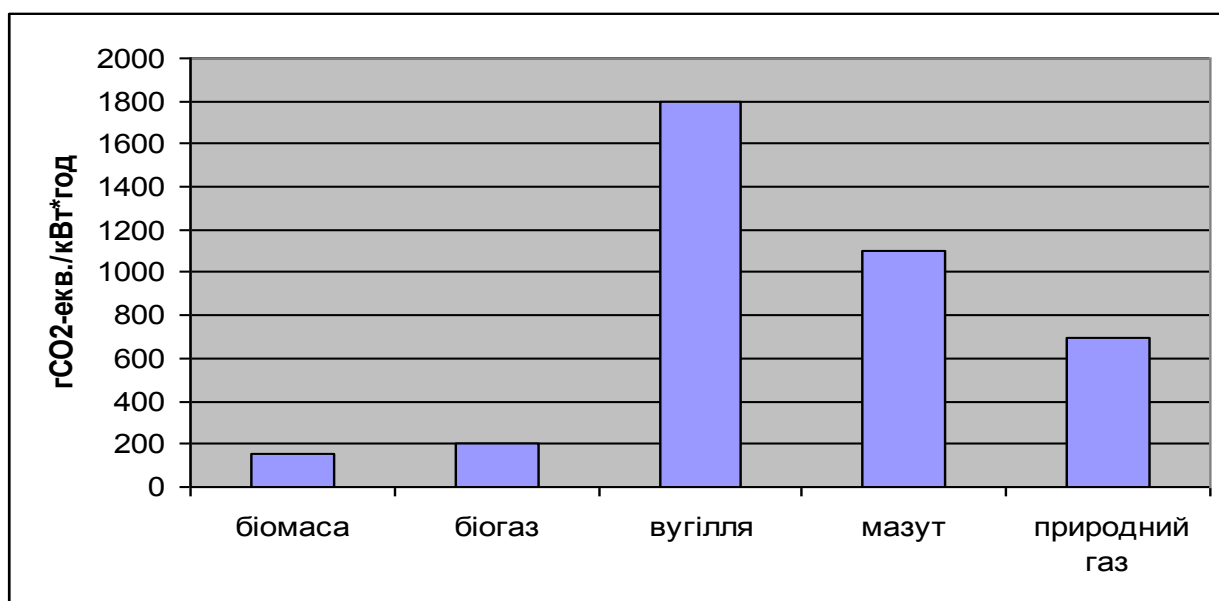


Рис. 1. Питомі викиди парникових газів при виробництві електроенергії,  
Джерело: [7]

При використанні біогазу в якості пального, зменшення викидів парникових газів становить 2,1 рази порівняно з бензином та дизельним паливом [7], а використання біодизелю – у 1,5 рази менше, ніж при використанні бензину і дизпалива (рис.2).

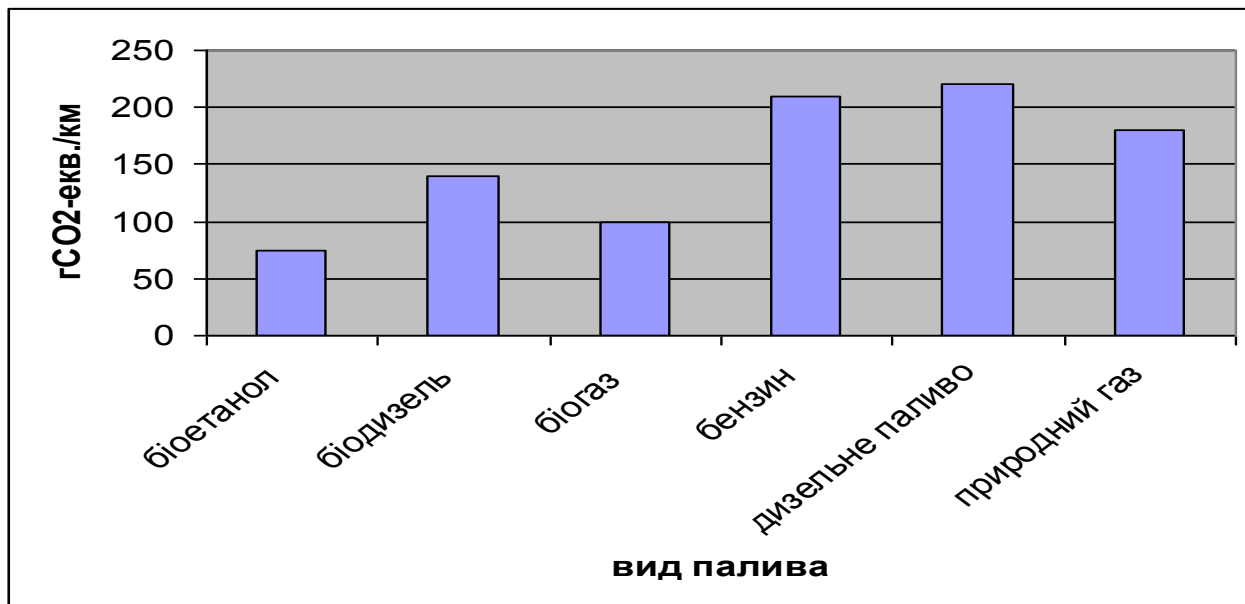


Рис. 2. Питомі викиди парникових газів при використанні моторних палив  
Джерело: [7]

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Отже, оскільки основними забруднювачами атмосферного повітря Вінницької області є автомобільний транспорт і Ладижинська ТЕС, то:

1. Одним із шляхів покращення екологічного стану довкілля, здешевлення енергоносіїв є використання біоенергетичних видів палива.
2. Для заміни вугілля на Ладижинській ТЕС можливе використання пелетів, при спалюванні яких у повітря надходить у 33 рази менше сірки, пилу у 16 раз, азоту – у 7 раз, парникових газів – у 12 раз.
3. Для покращення екологічності автомобільного транспорту, необхідно бензин і дизельне паливо замінити на біогаз та біодизель. Це сприятиме зменшенню викидів сірки на 98%, сажі на 60%, парникових газів у 1,5 – 2 рази, повній відсутності викидів свинцю, а загальна кількість забруднюючих речовин зменшиться на 20 – 25%.

Напрямами подальших наукових досліджень є вивчення використання пелетів, брикетів, біогазу і біодизелю у конкретних галузях народного господарства.

### Список використаних джерел

1. Доповідь про стан навколишнього природного середовища у Вінницькій області. 2012 рік. Державний департамент екології та природних ресурсів. – Вінниця, 2013. – 250 с.

2. Вінницька область. Екологічний паспорт регіону. 2011 рік. Державне управління охорони навколишнього природного середовища у Вінницькій області. – Вінниця, 2012. – 114 с.

3. Войцицький А.П. Техноекологія. / Войцицький А.П., Дубровський В.П., Боголюбов В.М. – К: Аграрна освіта, 2009. – 533 с.

4. Гуцаленко Л.В. Стан та основні чинники розвитку виробництва біологічного палива в Україні та світі / Л.В. Гуцаленко, В.Ю. Фабіянська // Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. Збірник наукових праць. – Вип. 19., 2013. – С. 168 – 174.

5. Екологічні аспекти використання деревних паливних ресурсів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/3589/>. – Назва з екрану.

6. Біодизель. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://rea.org.ua/dieret/Fuels/biodiesel.html>. – Назва з екрану.

7. Гелетуша Г.Г. Енергетичний та екологічний аналіз технологій виробництва енергії з біомаси. [Електронний ресурс]. / Г.Г. Гелетуша, Т.А. Желейна, О.І. Дроздова // Аналітична записка БАУ № 8. – Режим доступу: [uabio.org/activity/uabio-analitios/](http://uabio.org/activity/uabio-analitios/). – Назва з екрану.

### **Список використаних джерел у транслітерації / References**

1. Dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha u Vinnytskiy oblasti. 2012 rik. Derzhavnyy departament ekolohiyi ta pryrodnykh resursiv. – Vinnytsya, 2013. - 250 s.

2. Vynytska oblast. Ekolohichnyy pasport rehionu. 2011 rik. Derzhavne upravlinnya okhorony navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha u Vinnytskiy oblasti. – Vinnytsya, 2012. - 114 s.

3. Voytsytskyy A.P. Tekhnoekolohiya. / Voytsytskyy A.P., Dubrovsky V.P., Boholyubov V.M. – K: Ahrarna osvita, 2009. – 533 s.

4. Hutsalenko L.V. Stan ta osnovni chynnyky rozvytku vyrobnytstva biolohichnoho palyva v Ukrayini ta sviti / L.V. Hutsalenko, V.YU. Fabiyanska // Naukovi pratsi instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buryakiv. Zbirnyk naukovykh prats. – Vyp. 19., 2013. – S. 168 – 174.

5. Ekolohichni aspekty vykorystannya derevnykh palyvnykh resursiv. [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/3589/>. – Nazva z ekranu.

6. Biodyzel. [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: <http://rea.org.ua/dieret/Fuels/biodiesel.html>. – Nazva z ekranu.

7. Heletukha H.H. Enerhetychnyy ta ekolohichnyy analiz tekhnolohiy vyrobnytstva enerhiyi z biomasy. [Elektronnyy resurs]. / H.H. Heletukha, T.A. Zheleyna, O.I. Drozdova // Analitychna zapyska BAU № 8. – Rezhym dostupu: [uabio.org/activity/uabio-analitios/](http://uabio.org/activity/uabio-analitios/). – Nazva z ekranu.

## АННОТАЦІЯ

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХ ТРАДИЦИОННЫМИ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯМИ И РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ БИОТОПЛИВА / РАЗАНОВ С.Ф., ТКАЧУК А.П.**

*В статье показано альтернативность использования биологических источников энергии с точки зрения их влияния на загрязнение воздуха. Осуществлена классификация биоэнергетических источников. Приведены объёмы выбросов загрязняющих веществ различными видами традиционных источников энергии и биоэнергетическими источниками. Установлено влияние различных видов топлив на интенсивность проявления парникового эффекта. Сделаны выводы о необходимости и целесообразности использования различных видов биотоплива в отраслях народного хозяйства.*

*Ключевые слова: биотоплива, традиционные источники энергии, атмосферный воздух, загрязнение.*

## ANNOTATION

### **THE COMPARATIVE ANALYSIS OF POLLUTANT EMISSIONS IS INTO THE AIR BY TRADITIONAL ENERGY AND DIFFERENT TYPES OF BIOFUELS / RAZANOV S.F., TKACHUK O.P.**

*Air quality deteriorates every year. The volumes of greenhouse gases, toxic substances, grow which affects the condition of health of people. The most massive emissions are oxides of sulfur, nitrogen and carbon. One of the promising ways of reducing of volumes emissions of pollutants into the atmosphere is the use of alternative energy sources, in particular bioenergy-based of secondary products of crops, livestock, forestry and recycling of household waste The aim of research was to analyze the volumes of pollutant emissions into the air from the combustion of different biofuels and compare them to traditional energy sources. All biofuels are divided into three types for aggregation: solid biofuels, liquid biofuels and biogas. Solid biofuels represented by pellets and briquettes. In total volume of emissions, they are the safest kind of fuel except natural gas. Total emissions of pollutants from combustion of pellets 8,3 times less than from the combustion of coal, 2,6 times less than from combustion of fuel oil. Compared with coal emissions of sulfur reduce by 32,9 times, nitrogen – 6,8 times, carbon - 2 times and dust - by 15,9 times.*

*Environmental benefits of liquid biofuels is in internal combustion engines – it is a reduction ora complete absence of lead emissions, hydrocarbons and methanol. The sulfur content in biodiesel is 10 times less than that in diesel fuel. Number of emissions of harmful compounds and solid particles using biodiesel is reduced by 20 - 25% compared with diesel fuel, and carbon monoxide – by 10 - 12%, sulfur emissions reduced by 98%, carbon black – by 50 - 61%, hydrocarbons and carbon monoxide – by 30 - 34% smoke by 2 times, CO by 7,2%, hydrocarbons by 1,9%, sulfur dioxide by 75%.*



*Alternative biofuels significantly affect the reduction of greenhouse gases emissions – CO<sub>2</sub> and methane. The production of electricity, burning pellets helps reduce greenhouse gas emissions 12 times than using coal, 7,3 times – than using fuel oil and 5 times than using natural gas. The using of biogas as a fuel for vehicles, the reduce of greenhouse gas emissions is 2,1 times compared to gasoline and diesel fuel, and the using of bio-diesel – 1,5 times less than the using of gasoline and diesel fuel.*

**Keywords:** *biofuels, conventional energy sources, air pollution.*