

Браверман Вячеслав Якович, к.т.н., генеральний директор, тел.: +38(050)3366475, braverman@resources.odessa.ua
ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «КОНСАЛТИНГОВО-ВНЕДРЕНЧЕСЬКІЙ ЦЕНТР
«ПОНОВЛЮВАНІ РЕСУРСИ», вул. М. Говорова, 10-Б, м. Одеса, Україна, 65058

Крутогорова Ірина Олександрівна, аспірант Інституту ринку та економіко-екологічних досліджень НАН
України, директор, тел.: +38(050)3165780, irinakrut77@gmail.com

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «АУДИТОРСЬКА ФІРМА «БРІК», вул.
Пішонівська, 22/1, м. Одеса, Україна, 65029

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ТВЕРДОПАЛИВНИМИ ЛОКАЛЬНИМИ КОТЕЛЬНЯМИ

Анотація. В Україні збитки від забруднення повітря у 2020 році склали 10,42 мільярда доларів США, або 6,7% від ВВП (внутрішнього валового продукту). До 83% усіх викидів забруднюючих речовин в атмосферу України припадає на галузь електроенергетики від спалювання всіх видів палива. За даними Держкомстату України 15233 населених пунктів в сільських регіонах опалюються вугіллям. Через бойові дії на сході України для опалювання локальними твердопаливними котлами в приватний сектор та бюджетну сферу стало поступати енергетичне (довгополуменеве газове) вугілля. Ніяке інше паливо не забруднює так атмосферу, як енергетичне довгополуменеве вугілля. У роботі показано, що за деякими видами викиди в атмосферу від спалювання викопного вугілля в десятки разів перевищують гранично допустимі концентрації. Найбільше перевищення рівня шкідливості гранично допустимої концентрації в 5300 разів у діоксиду вуглецю (CO₂) та діоксиду сірки (SO₂) в 168,8 рази, а також оксиду азоту NO₂ в 6,1 рази. Крім того, емісія бенз(а) пірена від спалювання вугілля складає 0,27 г/ГДж. Через це вирішувати екологічні проблеми декарбонізації в Україні без урахування викидів від локальних твердопаливних котелів малої потужності неможливо. Нами пропонується замінити викопне довгополуменеве вугілля в локальних твердопаливних котельнях на біовугілля виготовлене з відходів сільськогосподарської діяльності. Таке рішення дозволило б суттєво знизити викиди в атмосферу забруднюючих речовин та вирішити проблему утилізації відходів сільськогосподарської діяльності. Практичне використання запропонованої технології стримується вартістю виробництва біовугілля, що вище ніж у викопного вугілля. Показано, що при прийнятті рішення про заміщення викопного вугілля на біовугілля необхідно враховувати також вплив забруднювачів на екологію та здоров'я людей. У роботі приведена оцінка збитків від забруднення одним твердопаливним котлом навколишнього середовища, які складають 333 000 грн., та економічний збиток від забруднення навколишнього середовища одним твердопаливним котлом на здоров'я людини який складає 640 000 грн. В цьому випадку заміщення викопного вугілля на біовугілля є дуже економічно вигідним.

Ключові слова: твердопаливні котельні, енергетичне вугілля, довгополуменеве вугілля, викиди в атмосферу, економічна оцінка викидів, біовугілля.

Braverman Vyacheslav Yakovych, Ph.D., General Director, tel.: +38(050)3366475, braverman@resources.odessa.ua
LIMITED LIABILITY COMPANY "CONSULTING AND IMPLEMENTATION CENTER" RENEWABLE CENTER
"RENEWABLE RESOURCES", M. Govorova, 10-B, Odesa, Ukraine, 65058

Krutoholova Iryna Oleksandrivna, graduate student of the Institute of Market and Economic and Environmental
Research of the National Academy of Sciences of Ukraine, director, tel.: +38(050)3165780, irinakrut77@gmail.com
LIMITED LIABILITY COMPANY "AUDIT FIRM" BRIC ", st. Pishonivska, 22/1, Odesa, Ukraine, 65029

ECONOMIC EVALUATION OF AIR POLLUTION INDICATORS BY SOLID FUEL LOCAL BOILER ROOMS

Abstract. In Ukraine, the losses from air pollution in 2020 amounted to 10.42 billion US dollars, or 6.7% of GDP (gross domestic product). Up to 83% of all emissions of pollutants into the atmosphere of Ukraine are accounted for by the electricity industry from the combustion of all fuels. According to the State Statistics Committee of Ukraine, 15233 settlements in rural areas are heated by coal. Due to the fighting in eastern Ukraine, energy (long-flame gas) coal began to enter the private sector and the public sector for heating with local solid fuel boilers. No other fuel pollutes the atmosphere like long-flame coal. The paper shows that for some types of emissions from the combustion of fossil coal is ten times higher than the maximum allowable concentrations. The largest exceedances of the maximum permissible concentration of 5300 times in carbon dioxide (CO₂) and sulfur dioxide (SO₂) in 168.8 times, as well as nitric oxide NO₂ in 6.1 times. In addition, the emission of benzo (a) pyrene from coal combustion is 0.27 g / GJ. Therefore, it is impossible to solve the environmental problems of decarbonization in Ukraine without taking into account emissions from local low-power solid fuel boilers. We propose to replace fossil long-flame coal in local solid fuel boilers with biochar made from agricultural waste. Such a solution would significantly reduce emissions of pollutants and solve the problem of agricultural waste disposal. The practical use of the proposed technology is constrained by the cost of biochar production, which is higher than that of fossil coal. It is shown that the decision

to replace fossil coal with biochar must also take into account the impact of pollutants on the environment and human health. The paper estimates the losses from pollution by one solid fuel boiler of the environment, which amount to UAH 333,000, and the economic damage from pollution by one solid fuel boiler on human health, which amounts to UAH 640,000. In this case, the replacement of fossil coal with biochar is very cost-effective.

Keywords: solid fuel boilers, thermal coal, long-flame coal, atmospheric emissions, economic estimation of emissions, biochar.

Браверман Вячеслав Яковлевич, к.т.н., генеральный директор, тел.: +38(050)3366475, braverman@resources.odessa.ua
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «КОНСАЛТИНГОВО-ВНЕДРЕНЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ОБНОВЛЯЕМЫЕ РЕСУРСЫ», М. Говорова, 10-Б, г. Одесса, Украина, 65058

Крутоголова Ирина Александровна, аспирант Института рынка и экономико-экологических исследований НАН Украины, директор, тел.: +38 (050) 316-57-80, irinakrut77@gmail.com
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АУДИТОРСКАЯ ФИРМА «БРИК», ул. Пишононская, 22/1, г. Одесса, Украина, 65029

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ТВЕРДОТОПЛИВНЫМИ ЛОКАЛЬНЫМИ КОТЕЛЬНЫМИ

Аннотация. В Украине ущерб от загрязнения воздуха в 2020 году составлял 10,42 миллиарда долларов США, или 6,7% от ВВП (внутреннего валового продукта). До 83% всех выбросов загрязняющих веществ в атмосферу Украины приходится на ветвь электроэнергетики от сжигания всех видов топлива. По данным Госкомстата Украины 15233 населенных пункта в сельских регионах отапливаются углем. Из-за боевых действий на востоке Украины для отопления локальными твердотопливными котлами в частный сектор и бюджетную сферу стали поступать энергетические (долгопламенные газовые) угли. Никакое другое топливо не загрязняет так атмосферу, как энергетический долгопламенный уголь. В работе показано, что по некоторым видам выбросы в атмосферу от сжигания ископаемого угля в десятки раз превышают предельно допустимые концентрации. Наибольшее превышение уровня вредности предельно допустимой концентрации в 5300 раз у диоксида углерода (CO₂) и диоксида серы (SO₂) в 168,8 раза, а также оксида азота NO₂ в 6,1 раза. Кроме того, эмиссия бенз(а)пирена от сжигания угля составляет 0,27 г/ГДж. Поэтому решать экологические проблемы декарбонизации в Украине без учета выбросов от локальных твердотопливных котельных малой мощности невозможно. Нами предлагается заместить ископаемый долгопламенный уголь в локальных твердотопливных котельных на биоуголь, изготовленный из отходов сельскохозяйственной деятельности. Такое решение позволило существенно снизить выбросы в атмосферу загрязняющих веществ и решить проблему утилизации отходов сельскохозяйственной деятельности. Практическое использование предлагаемой технологии сдерживается стоимостью производства биоугля, что выше, чем у ископаемых углей. Показано, что при принятии решения о замещении ископаемого угля на биоуголь необходимо учитывать влияние загрязнителей на экологию и здоровье людей. В работе приведена оценка ущерба от загрязнения одним твердотопливным котлом окружающей среды, составляющих 333 000 грн., и экономический ущерб от загрязнения окружающей среды одним твердотопливным котлом на здоровье человека, который составляет 640 000 грн. В этом случае замещение ископаемого угля на биоуголь очень экономически выгодно.

Ключевые слова: твердотопливные котельные, энергетические угли, долгопламенные угли, выбросы в атмосферу, экономическая оценка выбросов, биоуголь.

Вступ. Забруднення повітря є однією з найсерйозніших екологічних загроз здоров'ю людини. За рахунок заходів щодо зниження рівня забруднення повітря зменшуються тягар хвороби, пов'язаних з інсультом, хворобами серця, раком легень, хронічними та гострими респіраторними захворюваннями.

За оцінками ВООЗ, забруднення атмосферного повітря як у містах, так і в сільській місцевості спричинило 4,2 мільйона випадків передчасної смерті в усьому світі [1]. Ця смертність була обумовлена впливом дрібних зважених частинок діаметром до 2,5 мкм (PM_{2,5}), які викликають серцево-судинні та респіраторні, а також онкологічні захворювання.

Концентрація зважених частинок часто використовується непрямим показником рівня забруднення повітря. Основними компонентами зважених частинок є сульфати, нітрати, аміак, хлорид натрію, сажа, мінеральний пил та вода. Частинки діаметром менше 10 мікрон (\leq PM₁₀) здатні проникати глибоко у легені та осаджуватись у них, ще більш глибокий вплив на здоров'я надають частинки діаметром менше 2,5 мікрона (\leq PM_{2,5}).

Збитки від забруднення повітря настільки великі, що в [2] він оцінюється у відсотках від валового внутрішнього продукту країни.

В Україні збитки від забруднення повітря в [2, стор.9] визначається як 6,7% від ВВП. У 2020 р. ВВП України становив 155,6 мільярда доларів США, відповідно збитки у 2020 р. дорівнювали **10,42 мільярда доларів США**. Для довідки загальний обсяг видатків на освіту в Україні у 2020 р. був у 2 рази меншим і становив 4,9 мільярда доларів США.

Енергетичне вугілля.

До 83% усіх викидів забруднюючих речовин в атмосферу України припадає на галузь електроенергетики від спалювання всіх видів палива. Ніяке інше паливо не забруднює так атмосферу, як енергетичне вугілля. Через це вирішувати екологічну проблему в Україні без урахування викидів від локальних твердопаливних котелень малої потужності неможливо.

З урахуванням технології використання палива, всі шкідливі речовини можна класифікувати на дві групи. До першої групи відносяться речовини, що мало залежать від технології спалювання. Це діоксид сірки, сполуки ванадію. До другої групи належать речовини, утворення яких залежить від технології та режиму спалювання палива (летюча зола, оксиди азоту, оксид вуглецю, бенз(а)пірен та ін.). Викиди цих речовин змінюються залежно від потужності та типу топкового пристрою, надлишку повітря тощо.

Бенз(а)пірен - $C_{20}H_{12}$, п'яти кільцевий поліциклічний ароматичний вуглеводень дуже сильний мутаген і канцероген, є одним з найнебезпечніших вуглеводнів. Бенз(а)пірен є загрозою для здоров'я в будь-якій кількості. У [3] приведена середня-добова допустима концентрація бенз(а)пірена – 0,1мкг/100м³.

Через бойові дії на сході України і блокаду вантажного обігу з невідконтрольних територій в країні відчувається значний дефіцит вугілля і в першу чергу антрациту. В силу цього для опалювання локальними твердопаливними котлами в приватний сектор та бюджетну сферу стало поступати енергетичне (довгополуменеве та газове) вугілля.

Елементний склад Донецького довгополуменевого вугілля містить [4]: вуглецю 75,5%, водню 5,5%, сірки 4,3%, кисню 13,1%, азоту 1,6%. Усього газових складових 43%.

При спалюванні цього енергетичного вугілля утворюються наступні отруйні гази та важкі метали (табл. 1):

Таблиця 1

Показники	NOx	SO2	CO	CO2	N2O	CH4	Важкі метали						
							Hg	As	Pb	Cr	Cu	Ni	Zn
Викиди у відсотках	408	20274	121	93409	1,4	1,0	0,004	0,08	0,06	0,03	0,04	0,04	174
Викиди на 1т палива, що спалюється у кг	9,2	458	2,7	2x105	0,03	0,02	9x 10-5	1,7x 10-3	1,3x 10-3	6,1x 10-4	9,7x 10-4	9,9x 10-4	-

Забруднення роблять також вугільний пил і сажа. Викиди твердих частинок залежать від зольності вугілля. Зола включає в себе 42 - 49% оксиду кремнію, 23 - 37% алюмосилікат, 10 - 16% сполуки заліза, кальцію, магнію. Крім того, в димі завжди присутні тверді частинки незгорілого вуглецю, що залежать від недожога вугілля, а за рахунок термохімічних реакцій у викидах зростає вміст радію 226 в 3-6 разів і свинцю 210 в 5-10 разів.

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у атмосферному повітрі наведені у табл. 2 [3,5].

Особливо небезпечний вплив роблять викиди від спалювання вугілля на дітей у віці до 12 років, у яких ще не сформувалася імунна система, здатна адекватно реагувати на ці забруднення. Патології, обумовлені забрудненням навколишнього середовища, становлять до 50% захворювань дитячого населення.

Таблиця 2

Забруднююча речовина	Гранично допустима концентрація	
	Гранично допустима концентрація, мг	Середньодобова мг/м ³
Пил нетоксичний	0,5	0,15
Діоксид сірки SO ₂	0,5	0,05
Оксид вуглецю CO ₂	3,0	1,0
Монооксид вуглецю CO	3,0	1,0
Діоксид азоту N ₂ O	0,085	0,04
Оксид азоту NO	0,6	0,06
Сажа	0,15	0,05
Сірководень	0,008	0,008
Бенз(а)пірен	-	0,1 мкг/100 м ³

Аналіз варіантів заміщення.

При виборі найкращої прогресивної технології заміщення природного вугілля в твердопаливних котельних необхідно виходити з інтегральної оцінки даних технологій. Для інтегральної оцінки ефективності технологій необхідно враховувати економічний, екологічний і соціальні аспекти (рис. 1).



Рис. 1. Економічний, екологічний і соціальні аспекти

Економічний ефект - складається з доходів від реалізації вторинних продуктів найкращою технологією переробки і утилізації.

Екологічний ефект - від застосування даних технологій - це вартісна оцінка відверненого екологічного збитку від забруднення природного довкілля (атмосферного повітря, водних, ґрунтових і земельних ресурсів). Для чисельної оцінки екологічного ефекту від забруднення нами пропонується використовувати платежі до бюджету за перевищення гранично допустимих норм викидів.

Соціальний ефект - це, передусім, зниження захворюваності населення внаслідок екологічної нормалізації умов життєдіяльності людини, приріст грошових доходів населення і позабюджетних громадських фондів в результаті реалізації проекту і приведення господарської діяльності у відповідність з основними соціальними потребами населення.

Вплив забруднення повітря на здоров'я населення оцінюється з допомогою функції «концентрація-ефект», в основі якої зазвичай лежить оцінка відносного ризику отримана шляхом епідеміологічних досліджень. Тільки облік усіх трьох складових під час виборів технології заміщення може забезпечити сталий розвиток теплоенергетичної галузі у майбутньому.

При проектуванні систем спалювання палива і пуску енергетичного обладнання закладається забезпечення повноти згоряння всіх видів палива. Однак в процесі експлуатації через знос обладнання та недостатньої кваліфікації обслуговуючого персоналу багато енергетичні установки викидають в повітряний басейн продукти неповного згоряння і перш за все бенз(а)пірен.

Бенз(а)пірен утворюється в діапазоні температур 600 - 700 °С при недостатній кількості кисню, що подається в зону горіння. Агрегатний стан бенз(а)пірену в димових газах - аерозольна (головним чином, міститься в сажі і твердих частинках). Значна кількість бенз(а)пірену утворюється при сажоутворенні. У вітчизняній практиці емісії бенз(а)пірену приділяється недостатньо уваги.

В нормативній методиці розрахунку викидів забруднюючих речовин від енергетичних установок викиди бенз(а)пірену взагалі не розглядається. З 2015 року заборона на опалення вугіллям вступила в силу в великих містах Китаю, у Дубліні та Лондоні.

Заміщення вугілля у твердопаливних котельнях Одеської області.

За даними Держкомстату України **15233** населених пунктів в сільських регіонах опалюються вугіллям.

У бюджетній сфері Одеської області - за даними моніторингу, проведеного КП «Одеська обласна енергозберігаюча компанія», станом на грудень 2017 року - встановлено та знаходилося в експлуатації понад 420 твердопаливних вугільних котлів, включаючи 330 металевих котлів, близькою к конструкції марок КТО, КСТ, КСТБ, КСГБ і 90 чавунних котлів марок Ністру і Універсал. Середній рік встановлення та експлуатації цих котлів складає 10 років. Всього в опалювальний сезон цими 330 твердопаливними котельнями спалюється понад 50 000 тон довгополуменевого газового вугілля. У середньому типова школа (садочок) спалює за сезон 150 тон вугілля.

Викиди у повітря при спалюванні 150 тон довгополуменевого газового вугілля одною типовою школою (табл. 3).

Таблиця 3

Показники	NO _x NN NNNN N NO _x	SO ₂	CO	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	Важкі метали, кг.					
							Hg	As	Pb	Cr	Cu	Ni
Викиди в повітря при спалюванні 150 тон, (кг)	1400	69000	400	3x10 ⁷	4	3	54	255	195	90	144	147
Середня концентрація (кг/т)	0.5	24.65	0.14	1.05x10 ⁴	0.0015	0.001	0.0019	0.091	0.07	0.032	0.051	0.0525
Щільність газів (кг/м ³)	1.34	2.92	1.25	1.976	1.98	0.717	-	-	-	-	-	-
Середня концентрація (кг/м ³)	0.37	8.44	0.11	5.3 x10 ³	7.5x10 ⁻⁴	1.4x10 ⁻³	-	-	-	-	-	-

Середня концентрація викидів у повітря розрахована виходячи з 140 днів опалювання та 20 годин опалювання на добу. Екологічний аналіз одержаних результатів нами проведено з використанням показника – рівня шкідливості димових газів [6]. Рівень шкідливості (Гі) – це відношення середньої концентрації і-ї речовини (Сі) у димових газів до середньодобової гранично допустимої концентрації цієї речовини [ПДКі]сс в атмосферному повітрі:

$$Гі = Сі/[ПДКі]сс. \tag{1}$$

При Гі>1 небезпека впливу існує, при Гі<1 технологічний процес не впливає на природне середовище. Спільна присутність низки шкідливих речовин у атмосферному повітрі може посилювати їх токсичність. Такі речовини називають речовинами односпрямованої дії і за їх одночасному змісті у атмосфері має виконуватися умова:

$$\frac{c_1}{ПДК_1} + \frac{c_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{c_n}{ПДК_n} \leq 1 \tag{2}$$

де с₁, с₂ та с_n – концентрація шкідливих речовин односпрямованої дії, мг/м³; ПДК₁, ПДК₂ та ПДК_n – відповідні значення ПДК цих речовин в атмосфері, мг/м³.

Для використання формули (1) необхідно перевести рівень середньої концентрації з $\text{кг}/\text{м}^3$ у $\text{мг}/\text{м}^3$ ($1\text{кг} = 1 \times 10^6\text{мг}$) та скористатися співвідношенням (3).

$$P_i = M_i / V_i \quad (3)$$

де P $\text{кг}/\text{м}^3$ -щільність, M кг - маса; V м^3 обсяг.

У табл. 4 співставлення рівня шкідливості з гранично допустимою концентрацією викидів у повітря.

Таблиця 4

	NO_x	SO₂	CO	CO₂	N₂O	CH₄
Гранично допустима концентрація, $\text{мг}/\text{м}^3$	0.06	0.05	1.0	1.0	0.04	4
Рівень шкідливості	6,1	168,8	0,11	5300	0,187	0,0035

Як видно з табл. 4 найбільше перевищення рівня шкідливості гранично допустимої концентрації у 5300 разів у діоксиду вуглецю (CO_2) та діоксиду сірки (SO_2) у 168,8 рази, а також оксиду азоту NO_2 у 6,1 рази.

NO_2 – головне джерело утворення нітратних аерозолів, які є значною фракцією завислих частинок $\text{PM}_{2,5}$. Забруднення повітря SO_2 шкодить дихальній системі, порушує функцію легень та викликає подразнення очей.

Все це свідчить про необхідність обов'язкового встановлення систем очищення димових газів на кожній твердопаливній котельній, що потребує значних грошових ресурсів і сьогодні це неможливо. Другим варіантом зменшення викидів у повітря є заміщення вугілля на інші види твердих палив. Найбільш природно замінити вугілля дровами брикетами або пеллетами дров'яного походження. У табл. 5 приведені викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря без систем очищення при спалюванні 1 тис. тон. палива [7].

Таблиця 5

Вид палива/викиди	CO₂	NO₂	SO₂	Тверді частинки (пил неорг.)	РАЗОМ
Природний газ	1,18	3,52	0,00	0,00	4,70
Дерев'яні брикети, пеллети	4,68	9,31	0,28	4,11	17,69
Деревина	4,9	9,4	0,30	4,3	18,9
Тирса деревна	5,0	9,6	0,5	5,0	20,0
Дерев'яні відходи	5,2	9,9	0,4	5,2	20,7
Швидкозростаюча деревина	4,8	9,5	0,0	8,4	22,7
Сучки, кора	5,6	11,4	0,8	13,4	31,3
Кам'яне вугілля	9,58	63,56	9,2	65,32	147,66

Крім того у [7] приведені також дані про емісію бенз(а)пірена при спалюванні деревини на рівні $0,21\text{г}/\text{ГДж}$, що можна порівняти з емісією бенз(а)пірена від спалювання вугілля $0.27\text{г}/\text{ГДж}$.

Нами пропонується заміщати вугілля у твердопаливних котлах спеціально підготовленим паливом - торифікованими пиллетами чи брикетами [8]. Це паливо має вироблятися централізовано на підприємстві обладнаному необхідною технологією та системою очищення. Безперервна піч карбонізації екологічного типу використовує очищені димові гази, що виникають у процесі карбонізації, як паливний газ для згорання та повторного використання. Реалізується термічний метод знешкодження газів шляхом окислення шкідливих речовин при температурі $1000\text{ }^\circ\text{C}$ - $1200\text{ }^\circ\text{C}$, що дозволяє досягти 99% очищення газів.

Сьогодні вартість обладнання європейських компаній для організації заводу з випуску торифікованих гранул потужністю 1 т/год складає 1,5-2 млн. євро [9]. Китайська компанія BESTON – виробник обладнання для карбонізації біомаси з отриманням біовугілля у вигляді порошку, брикетів або гранул наводить оцінку обладнання продуктивністю 1т/год за вхідною сировиною 132 000 дол. США. При цьому вартість 1 т торифікованих гранул складає - 160-180 дол. США.

Враховуючи, що 1 т біовугілля з теплотворною здатністю 21 МДж/кг замінює 1,4 т довгополуменевого газового вугілля з теплотворною здатністю 15 МДж/к за вартістю – 95 дол. США, то вартість торифікованого біовугілля становить 133 дол. США. Виходячи тільки з цієї оцінки виробництво біовугілля для заміщення енергетичного вугілля у твердопаливних котельних недоцільно. Щоправда, вартість 1 т органічного добрива (біочара) в Україні оцінюється в 1000 дол. США.

При розрахунку інтегральної оцінки обґрунтованості заміщення довгополуменевого газового вугілля на біовугілля треба також оцінити економічні збитки, яке несе підприємство на балансі якого обліковується котельна від плати податку на забруднення. Економічна оцінка збитків може бути виконана за чинними в Україні ставками податку на викиди в атмосферне повітря від окремих забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення, наведені у статті 243 Податкового кодексу України, Розділ 8, Екологічний податок (табл. 6).

Таблиця 6

Оцінка збитків від забруднення навколишнього середовища

Показник	Ставка податку грн. за 1 тону	Викиди в повітря при спалюванні 150 тон вугілля	Нарахований податок, грн.
діоксиду вуглецю	74,17	300,0	22251,00
діоксиду сірки	4111,45	69,0	283690,05
оксиду азоту	1968,65	1,4	2756,11
бенз(а) пірен	2506116,51	972/1000	24359,45
Разом	-	-	333 056 (11 500 дол. США)

Навіть без урахування економічних соціальних втрат від забруднення, а тільки екологічних, заміщення природного вугілля, на біовугілля стає надзвичайно вигідним. (14500+11500=26000 проти 16100). Щорічна економія коштів становить 10 000 дол. США, або 38%.

Для обліку економічних втрат від впливу забруднювачів на здоров'я людей ми пропонуємо використовувати кількісні оцінки економічної цінності впливу на здоров'я, пов'язаного із забруднювачами РМ 2,5 і NO_x і SO₂ у розрахунку на кіловат-годину виробництва теплової та/або електричної енергії.

У [10] показано, що економічна цінність поліпшення здоров'я людини, пов'язаного із запобіганням викидам від виробництва електроенергії на викопному паливі у США коливається від 0,005–0,013 дол. США/кВтч. Середня економічна вартість впливу забруднюючих речовин на здоров'я, пов'язаного з використанням викопних палив у США, становить 0,14–0,35 дол. США/кВтч. Для вугілля ця оцінка становить 0,19–0,45 дол. США/кВтч, нафти 0,08–0,08–0,19 дол. США/кВтч та природного газу 0,08–0,08–0,19 дол. США/кВтч. Теплова потужність твердопаливного котла, що спалює в опалювальний сезон 150 тон енергетичного вугілля, становить 100 кВт. Це означає, що за 10 годинної роботи на день їм буде вироблено 120 МВт/год теплової енергії (приблизно 100 Гкал.). Відповідно до оцінок економічний збиток від забруднення навколишнього середовища одним твердопаливним котлом на здоров'я людини становитиме 0,19 дол. США/кВтч. x 120000 кВтч = 22 800 дол. США або 640 000 грн. В цілому економічний збиток від забруднення навколишнього середовища 15233 твердопаливних котельних працюючих в Україні становить близько 350 млн. дол. США., або 10 000 млн. грн.

Висновки. При обліку витрат, пов'язаних із забрудненням повітря, заміщення викопного вугілля на біовугілля стає економічно вигідним. Для оцінки збитків від забруднення навколишнього середовища викидами від вугільних твердопаливних котельень нами прийнято суми платежів до бюджету за видами забруднювачів. Біовугілля є екологічно нейтральним і при спалюванні не забруднює довкілля.

Рекомендації. Нами пропонується у місцях наявності великої кількості сільськогосподарських відходів організувати виробництво біовугілля. Виробництво має бути обладнане сучасними засобами очищення вихлопних газів. Непресоване біовугілля є також органічним добривом (біочар), що помітно підвищує родючість земель.

Список використаної літератури:

1. Всесвітня організація охорони здоров'я. Забруднення атмосферного повітря. 2021 рік. URL: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
2. ООН, Экономический и Социальный Совет, Издержки бездействия. 2022 Всемирная организация здоровья, Европейский процесс «Окружающая среда и здоровье».
3. Маляренко В. А., Канило П. М. Спалювання органічних палив та екологічно-хімічна безпека. Енергозбереження, Енергетика, Енергоаудит. 2012 р. №11.
4. Дослідження вмісту канцерогенних речовин у викидах енергоблоків вугільної ТЕС. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/99112/11-Kanilo.pdf?sequence=1>.
5. Методика визначення викидів забруднюючих речовин у повітря. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200031340>.
6. Екологічні аспекти використання деревних паливних ресурсів. URL: <https://bio.ukr.bio.ua/articles/3589/>.
7. Передерий С. Торрефикация биомассы: за и против. URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5245>.
8. Браверман В. Я. Заміщення викопного вугілля у локальних твердопаливних котельнях. Енерготехнології та ресурсозбереження. 2019. № 1.
9. Юркевич Ю. С., Сподинок Н. А. Екологічні аспекти використання твердого палива в міських системах опалення. URL: http://www.vothp.org.ua/PDF/17/VOTHP_2014_17_15.pdf.
10. Махол Бен, Ризк Сара. Экономическая ценность воздействия электроэнергии на ископаемом топливе в США на здоровье.

References:

1. VsesvItnyya organIzatsIya ohoroni zdorov'ya. Zabrudnennyya atmosferного povItrya. 2021 rIk. Available at: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
2. OON, Ekonomicheskii i Sotsialnyi Sovet, Izderzhki bezdeystviya. 2022 Vsemirnaya organizatsiya zdorov'ya, Evropeyskiy protsess «Okruzhayushchaya sreda i zdorove».
3. Malyarenko V. A., Kanilo P. M. Spalyuvannya organIchnih paliv ta ekologIchno-hImIchna bezpeka. Energozberezhennyya, Energetika, Energoaudit, 2012, 11.
4. DoslIdzhennyya vmlStu kantserogennih rechovin u vikidah energoblokvIv vugIlnoYi TES. Available at: <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/99112/11-Kanilo.pdf?sequence=1>.
5. Metodika viznachennyya vikidIv zabrudnyuyuchih rechovin u povItrya. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200031340>.
6. EkologIchnI aspekti vikoristannya derevniyh palivniyh resursIv. Available at: <https://bio.ukr.bio.ua/articles/3589/>.
7. Perederiy S. Torrefikatsiya biomassyi: za i protiv. Available at: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5245>.
8. Braverman V. Ya. ZamIschennyya vikopного vugIllya u lokalnih tverdopalivniyh kotelnyah. EnergotehnologIYi ta resursozberezhennyya, 2019, 1.
9. Yurkevich Yu. S., Spodinyuk N. A. EkologIchnI aspekti vikoristannya tverdogo paliva v mIskih sistemah opalennyya. Available at: http://www.vothp.org.ua/PDF/17/VOTHP_2014_17_15.pdf.
10. Mahol Ben, Rizk Sara. Ekonomicheskaya tsennost vozdeystviya elektroenergiy na iskopaemom toplive v SShA na zdorove.

Надійшла до редакції 25.12.2021р.