

УДК 691.5

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.2-59.5>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА ПІДПРИЄМСТВА БУРШТИНСЬКА ТЕС ПАТ «ДТЕК ЗАХІДЕНЕРГО» ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

Чичул Х.-М.М.¹, Семчук Я.М.², Лялюк-Вітер Г.Д.², Кривенко Г.М.²¹ТОВ «Новас»

вул. Івасюка, 23, м. Івано-Франківськ

²Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ

Crischychul27@yahoo.com, bzd@nung.edu.ua

Стаття присвячена аналізу вугільного палива підприємства Бурштинська ТЕС ПАТ «ДТЕК Західенерго» та його впливу на довкілля при спалюванні. Бурштинська ТЕС ПАТ «ДТЕК Західенерго» для виробництва електричної енергії використовує переважно кам'яне вугілля, яке при спалюванні впливає на всі компоненти довкілля. Найбільшого впливу зазнає атмосферне повітря.

Проаналізовано наукові праці українських та закордонних вчених, в яких висвітлюються питання пов'язані з впливом теплових електростанцій на довкілля. Зокрема і праці, які безпосередньо присвячені вивченню впливу на навколишнє середовище підприємства Бурштинська ТЕС ПАТ «ДТЕК Західенерго».

У статті подаються результати дослідження проб вугілля відібраних на підприємстві Бурштинська ТЕС ПАТ «ДТЕК Західенерго». Лабораторні дослідження проводилися за методикою Rock-Eval. Методика Rock-Eval визначення вмісту сухого залишку від спалення полягає в спалюванні зразків вугілля при встановлених умовах і зважуванні залишку спалювання. Одним з найвагоміших техніко-хімічних параметрів вугілля є вміст сухого залишку від спалювання. Процес спалювання обумовлений температурою, відношенням кількості повітря до кількості палива та конструкцією котла. Склад викидів в атмосферу залежить від виду палива, що застосовується та від параметрів процесу спалювання.

Результати дослідження показали, що вугілля, яке використовує підприємство Бурштинська ТЕС ПАТ «ДТЕК Західенерго», як основну сировину, характеризується змінним вмістом сухого залишку спалювання, що є причиною безперервного нагромадження твердих відходів на відвалах та викидів дрібнодисперсного пилу в атмосферу. Отримані дані свідчать про те, що вугілля має відносно високий вміст сірки. Встановлено, що в результаті спалювання такого палива більшість сірки емітується до атмосфери у вигляді SO₂, що негативно впливає на стан атмосферного повітря.

У висновках акцентується увага на важливості отриманих результатів лабораторних досліджень та необхідності проведення ґрунтовніших досліджень, які тимчасово призупинилися через російську агресію. *Ключові слова:* теплова електростанція, довкілля, вугілля, сухий залишок, шлак, виробництво електроенергії.

Research of coal fuel used by Burshtyn Thermal Power Plant of PJSC “DTEK Zakhidenergo” and its impact on the environment. Chychul K.-M., Semchuk Ya., Lialiuk-Viter H., Kryvenko G.

This article is dedicated to the analysis of coal fuel used by Burshtyn Thermal Power Plant of PJSC “DTEK Zakhidenergo” and its environmental impact during combustion. Burshtyn TPP primarily uses bituminous coal for electricity generation, which affects all environmental components during combustion, with the most significant impact on atmospheric air quality.

The study includes a review of scientific literature by Ukrainian and international researchers focusing on the environmental effect on thermal power plants. It also analyzes studies specifically related to the environmental influence of Burshtyn TPP.

The article presents the results of coal sample testing conducted at the Burshtyn TPP site. Laboratory analysis was carried out using the Rock-Eval method. This technique evaluates the combustion residue content by burning coal samples under specified conditions and weighing the combustion residue. One of the most critical thermochemical characteristics of coal is its ash content after combustion. The burning process is influenced by temperature, the air-to-fuel ratio, and boiler design. Emission composition depends on the type of fuel used and combustion parameters.

The study results indicate that the coal used at Burshtyn TPP shows variable ash content, which contributes to the continuous accumulation of solid waste in ash dumps and the emission of fine particulate matter into the atmosphere. The obtained data also reveal a relatively high sulfur content in the coal. It was determined that a significant portion of this sulfur is released into the atmosphere as sulfur dioxide (SO₂) during combustion, negatively impacting air quality.

The conclusion emphasizes the importance of the laboratory findings and highlights the need for more comprehensive research, which has been temporarily suspended due to the Russian aggression. *Key words:* thermal power plant, environment, coal, ash content, slag, electricity generation, pollution emissions, Burshtyn Thermal Power Plant, PJSC “DTEK Zakhidenergo”, impact assessment.

Постановка проблеми. Російсько-українська війна оголила та підсилила проблему енергетичної безпеки України. Росія цілеспрямовано знищує об'єкти електроенергетики України, що створює нові проблеми енергетичного, безпекового та

екологічного характеру. Проблеми забруднення навколишнього природного середовища при продукуванні електричної енергії тепловими електростанціями (ТЕС) і надалі залишаються актуальними. Забруднення довкілля в Україні підсилюється атаками

на об'єкти електроенергетики, зокрема і на підприємство Бурштинська ТЕС ПАТ «ДТЕК Західенерго». Забезпечення екологічної безпеки регіону в межах розташування підприємства Бурштинська ТЕС ПАТ «ДТЕК Західенерго» є важливим завданням.

Актуальність дослідження. Дослідження впливу діяльності на довкілля підприємств теплової електроенергетики і надалі залишається актуальним. Основними виробниками електричної енергії є традиційні електростанції (60%), зокрема теплові електростанції [1-7].

Бурштинська ТЕС ПАТ «ДТЕК Західенерго» для продукції електричної енергії використовує тверде, рідке і газове паливо. На довкілля дана ТЕС, як і всі електростанції такого типу, впливає через викиди димових газів та пилу. Склад викидів залежить від виду палива, що застосовується, а також від параметрів процесу спалювання. Основною сировиною для отримання теплової енергетики Бурштинська ТЕС ПАТ «ДТЕК Західенерго» використовує вугілля, яке є «найбруднішим» з усіх джерел енергії, шляхом спалювання. Процес спалювання обумовлений температурою, відношенням кількості повітря до кількості палива та конструкцією котла. До складу викидів ТЕС входять 6 груп речовин: пил (різного класу дисперсії), діоксиди вуглецю (CO_2), оксиди вуглецю (CO), сірчистий газ (сірчистий ангідрид (SO_2)), три види оксидів азоту (NO_x) і органічні сполуки [1-7].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження спрямоване на вирішення важливої проблеми, що стосується забруднення довкілля підприємством Бурштинська ТЕС ПАТ «ДТЕК Західенерго».

За категорією екологічної безпеки (КЕБ), згідно з С.О. Апостолук та ін. [8], Бурштинська ТЕС належить до підприємств другої категорії небезпеки з нормативною шириною санітарно-захисної зони (СЗЗ) 500 м [7-9].

Наукове значення даного дослідження полягає у комплексному підході до вирішення проблеми забруднення довкілля шляхом дослідження вугільного палива та твердих залишків від його спалювання.

Результати дослідження можна використати для наукових досліджень та з практичною метою для удосконалення системи моніторингу, модернізації, оновленні обладнання, устаткування тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням впливу на навколишнє середовище ТЕС присвятило чимало науковців своїх праць, зокрема: Адаменко О.М., Крижанівський Є., Кошлак Г., Панківський Ю., Ошуркевич-Панківська О., Осташук М. [1-9] та ін, а також закордонні вчені, Michalak J., Lorenz U., Gajda A., Behar F., Beaumont V., Penteado H.L. De B., De Souza G.F.M. (ed.) та ін [10-14]. Численні наукові публікації, які

присвячені дослідженням ТЕС, свідчать про важливість та актуальність таких наукових досліджень.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. У статті пропонується використання іншої методики для аналізу вугільних проб та проб твердого залишку, що дозволить міжнародне, міжлабораторне порівняння результатів досліджень виконаних методиками Rock-Eval. І це сприятиме вирішенню суперечливих питань.

Новизна полягає в комплексному аналізі вугільного палива та його ролі в забрудненні довкілля.

Методологічне або загальнонаукове значення.

Для лабораторних досліджень вугільного палива використовували методику за допомогою Rock-Eval [10, 11]. Методика визначення вмісту сухого залишку від спалення описана в документі PN-80/G-04512 [2, 12, 15], в якому детально описується застосування гравіметричного методу з застосуванням швидкого або повільного способу спалювання. В обох випадках методика полягає в повному спалюванні зразків вугілля за встановлених умов і зважуванні залишку спалювання (шлаку). Шлак – це твердий і сталий залишок після спалювання у визначених умовах, вміст шлаку – відношення сталого сухого залишку після спалювання до маси досліджуваного зразку вугілля, виражене у відсотках.

Методика дослідження базується на піролізі проб керну в середовищі інертного газу запропонована спеціалістами Французького Інституту Нафти (IFP) під керівництвом J. Espitalié [11]. Вона є інтегральною частиною більшості геохімічних досліджень.

Піроліз – процес деградації, який відбувається під впливом високої температури і в анаеробних умовах та за відсутності будь-яких сторонніх, навмисне поданих реагентів [11].

Сучасний прилад призначений для реалізації методики називається Rock-Eval 6 [10,11]. Прилад Rock-Eval 6 цілком автоматизований аналізатор, що складається з двох мікрореакторів, які можуть нагріватися в інтервалі температур від 100°C до 850°C. В першому мікрореакторі відбувається процес піролізу, а в другому спалювання.

Методика “Turbo Rock-Eval 6 Complete analysis – Parallel process” базується на запрограмованому розігріванні в умовах піролітичного мікрореактора змеленої проби гірської породи в потоці гелію або нітрогену та селективному аналізі.

Для визначення відсоткової кількості сірки емітованої до атмосфери під час роботи Бурштинської ТЕС ПАТ «ДТЕК Західенерго», а також визначення кількості сірки в золі та шлаках, проби вугілля та відходів відібрані на досліджуваному підприємстві були проаналізовані апаратом EA-1108 CHNS-O Elemental Analyzer [2, 16] з застосуванням сульфаніламиду як стандарту.

Виклад основного матеріалу. Для лабораторних досліджень було відібрано проби вугілля та шлаку

Таблиця 1

Опис відібраних проб

N	Проба	Матеріал	Вага проби, (г)	Місце відбору проби
1	DTEK 1	Кам'яне вугілля	1000	Склад вугілля
2	DTEK 2	Тверді відходи	500	Відвал
3	DTEK 3	Тверді відходи	500	Відвал
4	DTEK 4	Кам'яне вугілля	1000	Склад вугілля
5	DTEK 5	Кам'яне вугілля	1000	Склад вугілля

Таблиця 2

Інтерпретація результатів гравіметричного аналізу вмісту сухого залишку спалювання

DTEK 1		DTEK 4			DTEK 5		
Експеримент 1	Експеримент 2	Експеримент 1	Експеримент 2	Експеримент 3	Експеримент 1	Експеримент 2	Експеримент 3
m_n - мг	m'_m - мг	m_n - г	m'_n - г	m''_n - г	m_n - г	m'_n - г	m''_n - г
m_1 -16159,2 m_2 - 17223,5 m_3 -167374,6	m_1 -15776,3 m_2 - 16854,5 m_3 - 15995,2	m_1 -15,82939 m_2 - 16,76705 m_3 - 15,87352	m_1 -15,93136 m_2 - 16,99521 m_3 - 15,98149	m_1 -14,98983 m_2 - 15,88760 m_3 - 15,03219	m_1 -15,54569 m_2 - 16,57843 m_3 - 15,64814	m_1 -16,16110 m_2 - 17,12087 m_3 - 16,25391	m_1 -17,0959 m_2 -18,05517 m_3 - 17,19023
А %							
20,2 %	20,3 %	4,70 %	4,71 %	4,71 %	9,67 %	9,92 %	9,83 %
20,3 %		4,7 %			9,8 %		
Середній вміст сухого залишку спалювання в досліджуваних пробах вугілля – 11,6 %							

на підприємстві Бурштинська ТЕС ПАТ «ДТЕК Західенерго» (табл. 1). Їх належно підготували до лабораторних досліджень.

Проби вугілля та шлаку до лабораторних досліджень виконували в певній послідовності від подрібнення до просіювання [2].

Вугілля є найважливішим енергетичним ресурсом для підприємства Бурштинська ТЕС ПАТ «ДТЕК Західенерго». Одним з найвагоміших техніко-хімічних параметрів вугілля, зокрема для електроенергетики, є вміст сухого залишку від спалювання [2].

Для визначення сухого залишку спалювання: на аналітичній вазі зважували посудину – керамічний тигель прямокутної форми (з точністю 0,0002 грами). Результат записували як m_1 для першого зразку і m'_1 для другого. До тигля наважували 1 грам вугілля. Масу тигля наповненого зразком вугілля записували як m_2 , m'_2 . Паливо рівномірно розподіляли по дні посудини легким постукуванням по стінках тигля.

Приготовані до дослідження тиглі з зразками вугілля ставили в лабораторну піч. Піч нагрівали до температури 800°C. Проби вугілля спалювали протягом 150 хвилин. Підставку з тиглями вийняли з лабораторної печі, охолодили проби до температури 20°C. Охолоджені тиглі наповнені вже сухим залишком від спалювання зважили на аналітичній вазі, результат записали як m_3 , m'_3 .

За формулою (1) визначили вміст шлаку в аналітичній пробі:

$$A = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100\% \quad (1)$$

A – вміст сухого залишку від спалювання (шлаку) в аналітичній пробі палива, [%];

m_1 – маса тигля з залишком після спалення, [мг];

m_2 – маса пустого тигля, [мг];

m_3 – маса тигля наповненого зразком вугілля, [мг].

За формулою 1 обчислювали зольність досліджуваних проб вугілля а розрізі 3-ох паралельних експериментів. Середнє арифметичне розрахунків прийняли за остаточний результат.

Результати аналізів проб вугілля на предмет вмісту сухого залишку від спалювання представлено в таблиці 2. Середній вміст сухого залишку в досліджуваних пробах вугілля становить 11,6% ваг. Зольність коливається в межах від 4,7% до 20,3% ваг.

Результати елементарного аналізу проб вугілля показали, що вугілля спалюване на підприємстві Бурштинська ТЕС ПАТ «ДТЕК Західенерго» характеризується відносно високим вмістом сірки (S) (табл. 3). Середнє значення вмісту сірки для першої проби 1,82%, для другої та третьої відповідно 1,70% та 2,18%. Середнє значення для трьох проб -1,9%. Вміст сірки у вугіллі сприяє високій концентрації диоксиду сірки у димових газах ТЕС.

Диоксид сірки є одним з найтоксичніших газів, який утворюється при спалюванні вугілля на ТЕС і складає понад 90% викидів сірчистих сполук з димовими газами. З киснем (O_2) з SO_2 переходить

Таблиця 3

Результати елементарного аналізу проб вугілля

Проба	Азот	Вуглець	Водень	Сірка
	% ваг.	% ваг.	% ваг.	% ваг.
ДТЕК-1 вугілля	1,38	63,7	4,36	1,89
ДТЕК-1 вугілля	1,33	63,6	4,59	1,75
ДТЕК-1 вугілля (середнє значення)	1,36	63,6	4,48	1,82
ДТЕК-4 вугілля	1,44	77,6	5,85	1,69
ДТЕК-4 вугілля	1,44	78,4	5,94	1,69
ДТЕК-4 вугілля (середнє значення)	1,44	78,0	5,90	1,70
ДТЕК-5 вугілля	1,54	71,8	5,25	2,26
ДТЕК-5 вугілля	1,51	71,5	5,27	2,09
ДТЕК-5 вугілля (середнє значення)	1,53	71,7	5,26	2,18

в SO_3 і при наявності води утворюється сірчана кислота [1, 4]. У вигляді кислотних дощів випадає на поверхню Землі, забруднюючи літосферу, гідросферу, біосферу. Негативний вплив на живі компоненти довкілля залежить від їх концентрації та чинників навколишнього середовища [1, 4].

Проби твердих залишків спалювання аналізувались на предмет елементарного складу з метою обрахування різниці між вмістом сірки в спалюваному вугіллі та вмістом сірки у відходах від його спалювання.

Результати проб твердих відходів показують наявність 0,07% сірки (S). На підставі порівняння результатів лабораторних досліджень відібраних проб вугілля та відходів від його спалювання можемо стверджувати, що ця частина сірки (S) затримується в твердих відходах спалювання, решта емітує до атмосферного повітря.

Отже, тверді відходи є не менш шкідливими ніж вугілля. Дрібні фракції можуть приводити до підвищеної запиленості повітря. Адже вони легко переносяться повітрям навколо відвалів. Це сприяє додатковому забрудненню приземних шарів атмосферного повітря та забрудненню ґрунтів і ґрунтових вод.

Головні висновки. Таким чином, вугілля, що використовує Бурштинська ТЕС ПАТ «ДТЕК

Західенерго» характеризується змінним вмістом сухого залишку спалювання (неоднорідна зольність) від 5 до 20% (середній показник 11,6%), що є причиною безперервного нагромадження твердих відходів на відвалах та викидів дрібнодисперсного пилу до атмосферного повітря.

На підставі порівняння результатів лабораторних досліджень відібраних проб вугілля та твердих відходів від його спалювання можемо стверджувати, що деяка частина сірки (S) (0,07%) затримується в твердих відходах спалювання, решта міститься в викидах до атмосферного повітря.

На підставі елементарного аналізу та стехіометричних розрахунків можемо стверджувати, що вугілля, яке використовує Бурштинська ТЕС ПАТ «ДТЕК Західенерго» як основну сировину має відносно високий вміст сірки (близько 1,9% ваг.). Встановлено, що в результаті спалювання такого палива більшість сірки (S) емітується до атмосфери у вигляді SO_2 , оскільки в сухих відходах спалювання міститься тільки 0,07% ваг. даного елемента.

Перспективи використання результатів дослідження. Перспективи використання результатів дослідження вбачаємо у продовженні дослідження з метою впровадження новітніх екологічних технологій для зменшення негативного впливу на довкілля.

Література

1. Екологічна безпека територій: монографія. / Адаменко О.М. та ін.; за ред. О. М. Адаменка, Івано-Франківськ, 2014. 442 с.
2. Чичул Х.-М. М. Екологічна оцінка вугільного палива ДТЕК Бурштинської ТЕС та проєкт додаткових природоохоронних заходів. Магістерська робота, м. Івано-Франківськ, 2017. 147 с.
3. Оцінка антропогенного перетворення ландшафту в зоні впливу підприємства Бурштинська ТЕС ПАТ «ДТЕК Західенерго» / Х.-М. М Чичул та ін. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-технічний журнал ІФНТУНГ*. 2020. № 2 (22). С. 25-31.
4. Крижанівський С. І., Кошляк Г.В. Екологічні проблеми енергетики. *Нафтогазова енергетика*. 2016. № 1. С. 80-90.
5. Кошляк Г.В., Павленко А.М. Зменшення техногенного впливу вугільних ТЕС на довкілля (на прикладі Бурштинської ТЕС). *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-технічний журнал. ІФНТУНГ*. 2017. № 2 (16). С. 108-118.

6. Шувар І. А., Шувар А. І. Екологічні аспекти формування агроценозів у зоні впливу Бурштинської ТЕС. *VIII Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Спецпроект: аналіз наукових досліджень»* (30–31 травня 2013 р.). URL: https://confcontact.com/2013-specprojekt/eg2_shuvar.htm (дата звернення: 20.04.2025).
7. Оцінювання впливу Бурштинської ТЕС на атмосферне повітря. / Ю.І. Панківський та ін. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Вип. 27 (5). С. 59-62.
8. Промислова екологія: навч. посіб. / С.О. Апостолук та ін. Київ: Знання, 2012. 430 с.
9. Пендерецький О.В. Екологічна оцінка впливу на довкілля крупного енергетичного об'єкту (на прикладі Бурштинської ТЕС). *Вісник Харківського інституту соціального прогресу. Серія: екологія, техногенна безпека і соціальний прогрес*. 2004. Вип. 1 (6). С. 62-71.
10. Behar F., Beaumont V., Penteadó H.L., De B. Rock-Eval 6 Technology: Performances and Developments. *Oil & Gas Science and Technology. Rev. IFP*. 2001. № 56 (2), P. 111-134.
11. Espitalié J., Deroo G., Marquis F. La pyrolyse Rock-Eval et ses applications. *Rev. IFP*. 1985. P. 40-41, P.563–579 and P. 755–784.
12. Lorenz U., Skutki spalania węgla kamiennego dla środowiska przyrodniczego i możliwości ich ograniczania. *Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Sympozja i Konferencje*, 2002, nr 64, S. 97-112.
13. Kucowski J., Laudyn D., Przekwas M. Energetyka a ochrona środowiska. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1997. 481 s.
14. Czachor K., Chudy P., Poradnik metodyczny w zakresie PRTR dla instalacji spalania paliw. 2007. S. 1-130.
15. PN-80/G-04512 URL: <https://www.minproc.pwr.edu.pl/materialy/dydaktyka/mp/oznaczaniePopiolu.pdf> (дата звернення: 20.04.2025).
16. EA-1108 CHNS-O Consumables for Elemental Analyzer URL: http://s3.ceelantech.com/docs/Consumables_NA1500-EA1108.pdf (дата звернення: 20.04.2025).