

**СУБЭКОНОМАЙЗЕР ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ БЛОКА УСТК**

© С.Ю. Абдуллин, А.О. Качура (ГП «Государственный институт по проектированию предприятий коксохимической промышленности» (ГП «ГИПРОКОКС»), 61002, ул. Сумская, 60, г. Харьков, Украина)

*В статье рассмотрено повышение эффективности блоков сухого тушения кокса (УСТК) путем установки субэкономайзера. Приводится описание работы субэкономайзеров и анализируются преимущества субэкономайзеров на существующих и новых блоках УСТК.*

*Отмечено, что в коксохимическом производстве одним из важнейших факторов является необходимость работы всех звеньев технологической цепочки на полной производительности. Снижение производительности или перебои в работе отдельных участков могут привести к значительным потерям конечного продукта. Показано, что установка сухого тушения кокса должна обеспечивать не только стабильную работу коксовой батареи, но и необходимый уровень поставок кокса для доменного производства. Поэтому нарушение технологического режима УСТК может критически отразиться на производстве чугуна и стали. Подчеркнута особенность технологии сухого тушения кокса: увеличение производства неизбежно влечет за собой повышение температуры погащенного кокса. Показано, что одним из способов поддержания температуры погащенного кокса на требуемом уровне является установка в блоке УСТК субэкономайзера (СЭ).*

*Освещен опыт ГП «ГИПРОКОКС» в проектировании реконструкции действующих УСТК. Приведены данные о работе блока УСТК с включенным в работу СЭ (который успешно эксплуатировался более трех лет) и без него. ГП «ГИПРОКОКС» изучает, разрабатывает и внедряет новые технологии, которые могут использоваться как при строительстве новых производств или цехов коксохимического производства, так и при реконструкции действующих.*

*Показано, что применение субэкономайзеров в установках сухого тушения кокса позволяет увеличить производительность блоков УСТК по погащенному коксу примерно на 10 % при сохранении требуемой температуры и качества получаемого кокса.*

Ключевые слова: сухое тушение кокса, температура погащенного кокса, выход кокса, субэкономайзер, энергоэффективность.

Автор для переписки С.Ю. Абдуллин, e-mail: [abdullins1979@gmail.com](mailto:abdullins1979@gmail.com)

**АНАЛІЗ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ОКРЕМИХ СИСТЕМ ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ВУГЛЕВИДОБУВНИХ ТА ВУГЛЕПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ**

© О.А. Атаманюк<sup>1</sup>

ТОВ «Центр екології та розвитку нових технологій», 01032, м. Київ, вул. Льва Толстого, 33, оф.75 Україна

О.М. Касімов<sup>2</sup>

Державне підприємство «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут (УХІН)», 61023, м. Харків, вул. Весніна, 7, Україна

<sup>1</sup>Атаманюк Олексій Анатолійович, канд. техн. наук, головний спеціаліст, e-mail: [alex.ataman888@gmail.com](mailto:alex.ataman888@gmail.com)

<sup>2</sup>Касімов Олександр Меджитович, докт. техн. наук, проф., головн. наук. співр. науково-технічного відділу, e-mail: [nto@ukhin.org.ua](mailto:nto@ukhin.org.ua)

*У статті охарактеризовано організаційну регіональну структуру управління промисловими відходами в умовах сучасної України, яка дозволить підвищити ефективність систем*

поводження з відходами виробництва та об'єктів промислової енергетики України. Описано структуру управління промисловими відходами на різних системних рівнях – від загальнодержавного до рівня промислового підприємства.

Наведено дані щодо рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я стосовно викидів токсикантів в атмосферне повітря та дані Держстату України про вміст основних газів-забруднювачів у викидах в атмосферу від стаціонарних джерел України з 1990 по 2018 роки.

Охарактеризовано схему негативного впливу на довкілля викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел – виробничих об'єктів вуглевидобувних та вуглепереробних підприємств. Наведено порівняльні дані щодо показників обсягів утворення токсичних відходів на підприємствах країн Європи та важкої промисловості України. Показано, що основними джерелами впливу підприємств вуглезабагачення та вуглепереробки на всі сфери навколишнього середовища (НС) є організовані та неорганізовані пилогазові викиди, скидання технологічних стічних вод та стоків з поверхні та з обсягів відвалів та шламонакопичувачів вуглезабагачувальних фабрик.

В результаті комплексних досліджень авторів вивчено низку вуглепородних відвалів збагачувальних фабрик Східної України, досліджено шляхи міграції та концентрації сполук рідкісних та важких металів у ґрунті біля вуглепородних відвалів. Достатньо жорсткі норми щодо вмісту шкідливих речовин у промислових відходах вимагають спеціальних методів знешкодження вуглешламів перед остаточним похованням та/або утилізацією.

Ключові слова: вуглешлами, вуглезабагачувальні фабрики, вуглевідвали, шламонакопичувачі, поверхневі стоки, забруднення навколишнього середовища, викиди в атмосферу, газоподібні, рідкі та тверді токсиканти.

Автор для листування О.М. Касімов, e-mail: [nto@ukhin.org.ua](mailto:nto@ukhin.org.ua)

\*\*\*\*\*

Наразі світовий обсяг природних ресурсів, що видобуваються, оцінюється приблизно в 160 млрд. т/рік, з них близько 85 % становить мінеральна сировина – основа розвитку паливно-енергетичного комплексу. Існуючі технології дозволяють перевести в кінцевий продукт 5-12 % сировини, решта видаляється в навколишнє середовище (НС) у вигляді промислових відходів (ПВ), що значно знижує рівень екологічної безпеки та економічну ефективність. На території України наразі ПВ розміщені на 770 офіційних полігонах. Під звалища зайнято понад 165 тис. га землі або 4 % території країни. Обсяг утворення ПВ становить близько 600 млн т/рік [1].

Індикаторами забруднення НС є хімічні сполуки, що відповідають складу сировини, напівпродуктів та відходів з урахуванням фону у районі розміщення підприємства. Об'єкти шкоди – атмосфера, водоймища, ґрунтові води в межах розсіювання індикаторів забруднення, антропогенні об'єкти, ґрунти, ландшафти, здоров'я людини.

На об'єктах вуглепереробки України обсяг вуглешламів у місцях складування становить сотні тис. т. Вміст вугілля у цих продуктах сягає 10-35 % [1]. Серйозну проблему поблизу збагачувальних фабрик та вуглепереробних підприємств становлять:

- пилогазові викиди та скиди від основних виробничих об'єктів;
- накопичувачі вуглешламів, що вимагають великих територій, котрі випадають з користування і є осередками накопичення токсикантів: вуглеводнів, комплексних сполук важких та рідкісних металів.

В атмосфері, водному басейні та ґрунті вуглеводні та сполуки важких і рідкісних металів присутні у формі органічних та неорганічних сполук у вигляді пилу та аерозолів, у газоподібній формі. Вони швидко накопичуються у ґрунті і вкрай повільно з нього виводяться. Відстань поширення та рівні забруднення навколишнього середовища залежать від потужності джерела, умов викидів та метеообстановки. Більшість забруднюючих речовин переноситься опадами у зваженому стані.

Важливими джерелами забруднення атмосфери, водного басейну та ґрунту є технологічні процеси, методи та обладнання, що використовуються у процесах переробки вугілля, процеси поводження з дисперсними масами сировини та побічних продуктів.

При вмісті в сировині забруднюючих речовин навіть у малих кількостях, в НС накопичуються їх високі концентрації, що мають широкий спектр біологічного впливу на організм людини. Враховуючи, що вугілля ще певний час використовуватиметься як основна енергетична сировина, вирішення цієї складної еколого-економічної проблеми має йти шляхом комплексної переробки сировини, вилучення з неї сполук важких та рідкісних металів на стадії збагачення та глибокого очищення від токсикантів. Для запобігання негативному впливу промисловості на НС необхідно вирішити актуальну проблему екологізації технологічних процесів, скорочення обсягів викидів забруднюючих речовин (ЗР) в атмосферу, створення маловідходних технологій за рахунок залучення до виробничого циклу вторинних матеріальних та енергетичних ресурсів. Це вимагає

ухвалення нових концептуальних рішень щодо використання вторинних джерел мінеральних та енергетичних ресурсів, що дозволить значно покращити техніко-економічні показники підприємств добувної промисловості, стан НС та здоров'я людини [1-3].

Питома вага ресурсомістких галузей промисловості України становить 61 % ВВП, в ЄС – у середньому 34 % [2]. На території України загальний обсяг накопичених ПВ у відвалах, шламонакопичувачах (ШН), площа яких сягає близько 100 тис. га та зростає на 3-6 тис. га/рік, становить понад 38 млрд. т [2].

У табл. 1 наведено рекомендації Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) щодо вмісту в атмосферному повітрі низки неканцерогенних речовин [3].

Таблиця 1

Рекомендації ВООЗ щодо вмісту токсикантів у повітрі

Речовина	Середні концентрації	Період усереднення
Нітрогену діоксид	400 мкг/м <sup>3</sup> / 150 мкг/м <sup>3</sup>	1 год./24 год.
1,2-дихлоретан	0,7 мг/м <sup>3</sup>	24 год.
Ртуть	1 мкг/м <sup>3</sup>	1 рік
Сірководень	150 мкг/м <sup>3</sup>	24 год.
Сірковуглець	100 мкг/м <sup>3</sup>	24 год.
Сірки діоксид	500 мкг/м <sup>3</sup> / 350 мкг/м <sup>3</sup>	10 мин./1 год.
Вуглецю монооксид	100 мг/м <sup>3</sup> / 60 мг/м <sup>3</sup> 30 мг/м <sup>3</sup> / 10 мг/м <sup>3</sup>	15 мин./30 мин. 1 год./8 год.
Толуол	8 мг/м <sup>3</sup>	24 год.
Формальдегід	100 мкг/м <sup>3</sup>	30 мин.

Картування ґрунтів у промислово напружених регіонах України показало, що у їхньому забрудненні беруть участь понад 40 шкідливих речовин, зокрема 26 металів, поліциклічні ароматичні вуглеводні, нітрати, нітрили, амонійний азот, хлориди. Згідно з медичними нормативами на цій території присутні осередки хімічного забруднення ґрунтів, де життєдіяльність населення унебезпечена [1-4]. Осередки хімічного забруднення ґрунтів надзвичайно небезпечної та небезпечної категорій характеризуються складною будовою. Вони мають один або кілька центрів, що

відповідають розташуванню джерел викидів ЗР. Зіставлення геохімічних спектрів техногенних літохімічних аномалій показало наявність причинно-наслідкового геохімічного зв'язку в ланцюзі «мінеральна сировина – відходи – НС».

На нашу думку найінформативнішим показником реальної екологічної небезпеки забруднення ґрунтів техногенних аномалій є не загальний вміст токсикантів, а зміна ступеня їхньої рухливості порівняно з рухливістю, що відповідає стану природної рівноваги.



Таблиця 2

Викиди основних газів-забруднювачів від стаціонарних джерел України з 1990 по 2018 рр., тис. т

Газ	Рік													Зниження, %
	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
NO <sub>x</sub>	2274	1092	857	896	774,4	810	776	771	675	562	580	573	591	74,0
CO	4323	1714	1214	1278	1150	1138	1140	1144	1035	927	823	854	891	79,4
SO <sub>2</sub>	1652	847	734	820	867	949	995	1016	880	751	801	724	788	52,3

У вуглепромислових районах накопичено величезні обсяги розкритих, вміщуючих шахтних порід, відходів збагачення вугілля: Кривбас, Донбас, Прикарпаття, Львівсько-Волинський басейн [4-7]. Регіони з кризовою чи катастрофічною екологічною ситуацією мають найбільшу щільність населення, де проживає > 25 % населення України [1-3]. У різних геологічних, географічних, економічних ситуаціях вплив на НС спричинюють різні чинники, але найчастіше – їхня сукупність. При вивченні стану атмосфери у районах розміщення об'єктів вуглепереробки України необхідно продовжувати досліджувати:

– склад та властивості ЗР, що виділяються з основного та допоміжного обладнання вуглезабагачувальних фабрик та вуглепереробних підприємств;

– фізико-хімічні процеси, що визначають зміни складу ЗР в результаті їх взаємного впливу та впливу на всі сфери НС;

– кількісні фонові показники викидів токсичних речовин, що утворюються при впровадженні нових технологічних процесів.

У табл. 2 наведено дані Держстату України щодо викидів основних газів-забруднювачів від стаціонарних джерел України у 1990-2018 рр. [1].

Найбільш поширеною та рекомендованою методичною документацією Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України є комплексний індекс забруднення атмосфери (ІЗА). Його розраховують як суму нормованих по ГДКсд і приведених до концентрації SO<sub>2</sub> середніх вмістів різних речовин:

$$Y_n = \sum_{i=1}^n Y_i = \sum_{i=1}^n \left( \frac{q_{сер i}}{ГДКсд i} \right)^{c_i} \quad (1)$$

де Y<sub>i</sub> – одиничний індекс забруднення для i-ої речовини; q<sub>сер i</sub> – середня концентрація i-ої речовини; ГДКсд i – ГДКсд для i-ої речовини; c<sub>i</sub> – безрозмірна константа приведення ступеню шкідливості i-ої речовини до шкідливості діоксиду сірки, яка залежить від класу небезпеки даної ЗР, що визначається за табл. 3 [3, 5]:

При видобутку вугілля на шахтах СНД виділяється близько 15 млрд. м<sup>3</sup>/рік метану. В результаті вміст метану в атмосфері зростає на 1 % на рік, що створює дисбаланс між обсягами його виділення та руйнування. Існує ряд комплексних показників забруднення атмосфери (спільно кількома ЗР). Для порівняння даних про забрудненість кількома речовинами атмосфери різних міст чи районів міста комплексні індекси забруднення атмосфери розраховують на однакову кількість (n) домішок.

Таблиця 3

Ступінь шкідливості речовин залежно від класу небезпеки

Класи небезпеки	1	2	3	4
Константа c <sub>i</sub>	1,7	1,3	1,0	0,9

При складанні щорічного переліку міст із найбільшим рівнем забруднення атмосфери для розрахунку комплексного індексу Y<sub>n</sub> використовують значення одиничних індексів Y<sub>i</sub> тих 5-ти речовин, які мають найбільші значення. З екологічної погляду велике занепокоєння викликають газові викиди технологічного циклу: SO<sub>2</sub> та інших сполук сірки, CO, NO<sub>x</sub>. На рис. 1, 2 наведено дані щодо викидів NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> від промислових об'єктів України за період 1990-2018 років. (Статистичний щорічник України за 2018 р.) [1].

Основними джерелами впливу вугледобувних та вуглепереробних підприємств на НС є організовані та неорганізовані пилогазові викиди, поверхневі стоки з вуглепородних відвалів та з обсягів шламонакопичувачів, відвалів та териконів (рис. 3). Промислові центри України розташовуються в межах переважно рівнинних ландшафтів, і за низької енергії рельєфу характерне їхнє локальне забруднення. В умовах дефіциту паливно-енергетичних ресурсів і виснаження родовищ вугілля особливу роль набуває пошук вторинних сировинних джерел твердого палива, розробка нових методів ресурсозбереження.

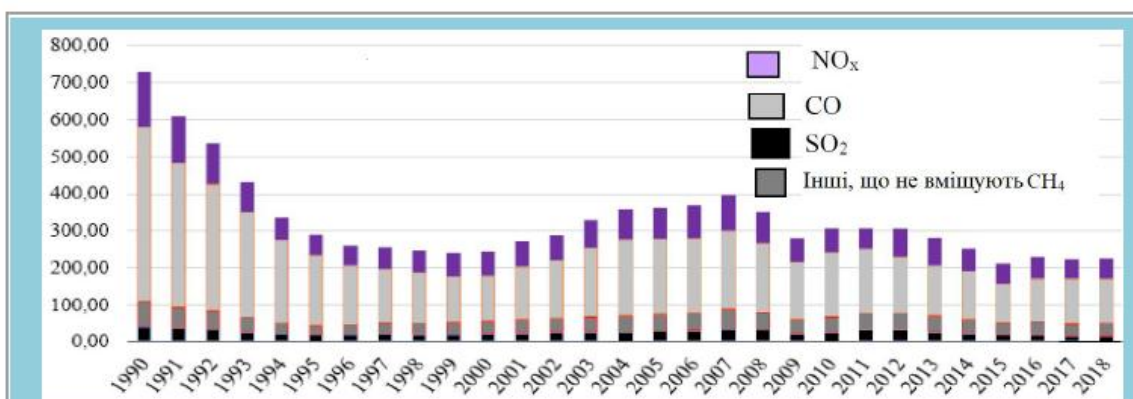


Рис. 1 Емісія основних газів прямої дії в секторі виробництва та споживання України у 1990-2018 рр., кг

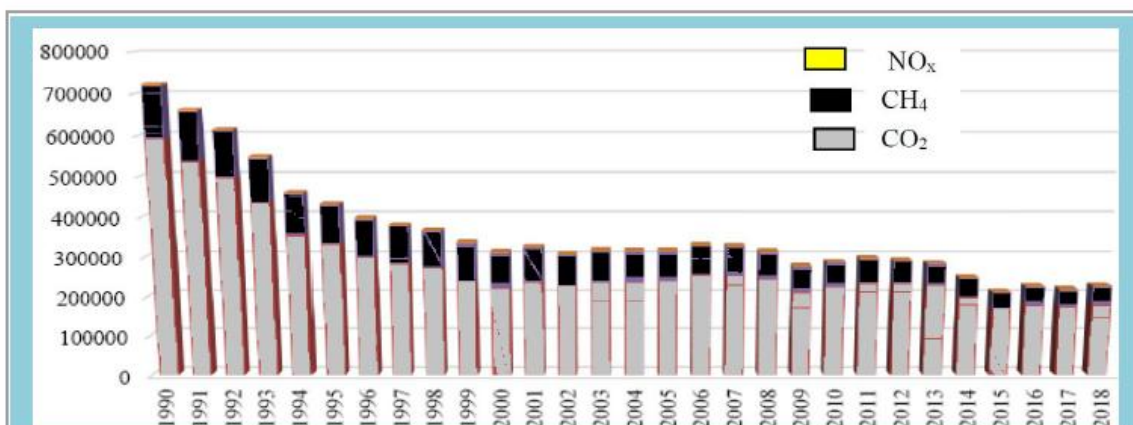


Рис. 2 Динаміка викидів CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> та NO<sub>x</sub> в енергетиці, (екв. кг CO<sub>2</sub>)



Рис. 2 Динаміка викидів CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> та NO<sub>x</sub> в енергетиці, (екв. кг CO<sub>2</sub>)

Таблиця 4

Викиди з основних джерел одного з коксохімічних заводів, 2008 р. [7]

Речовина	Кількість, т/рік	Внесок у загальну масу викидів, %
Оксиди азоту (у перерахунку на NO <sub>2</sub> )	1596,337	32,31
Оксид вуглецю	2286,48	46,28
Діоксид сірки	444,328	9,00
Суспендовані тверді частинки	473,102	9,57
Бенз(а)пірен	0,020	0,0004
Бензол	32,700	0,66
Толуол	4,461	0,09
Ксилол	0,393	0,008
Нафталін	3,865	0,078
H <sub>2</sub> CN	4,391	0,088
Сірководень	13,758	0,278
Фенол	4,100	0,083
Аміак	73,46	1,49

Побічні продукти містять практично весь комплекс речовин, що використовуються в процесах промислового виробництва. За даними ряду дослідників [2, 4] нині у світі налічується понад 100 тис. найменувань речовин, що входять до складу викидів, стоків, відходів та побічних продуктів – від інертних до організму людини до особливо токсичних.

Політика у сфері поводження з промисловими забруднювачами (ПЗ) має ресурсний та екологічний аспекти: ПЗ як джерело ресурсів і ПЗ як екологічно небезпечний фактор. Тому цілі ресурсного та екологічного напрямів мають бути взаємопов'язані у тактиці та стратегії. Практично всі терикони та відвали шахт та збагачувальних фабрик містять певну кількість вугілля та розсіяної вуглястої речовини. Під дією атмосферних опадів та біохімічних процесів за участю тіонових бактерій *Thiobacillus ferrooxidans* цей матеріал інтенсивно окиснюється аж до самозаймання. Кожен відвал створює зону негативного впливу радіусом до 3 км [1-4]. Токсичними та екологічно небезпечними елементами є Hg, As, P, Cl, F та ін. При згорянні вугілля вони спочатку випаровуються, а потім осаджуються і проникають у ґрунтовий покрив та водоносні шари.

Аналіз поширення ЗР показує, що у ґрунтах вугледобувних регіонів України зафіксовано концентрації Zn (до 435 ГДК), As (до 100 ГДК), Pb

(56 ГДК), Cd (до 125 ГДК). Вивчення форм знаходження ЗР у ґрунтових пробах дозволило простежити поведінку важких та рідкісних металів (ВРМ) у широкому діапазоні концентрацій. Основна кількість Cr, Hg, As знаходиться у пробах у вигляді стійких, не схильних до міграції форм; Zn, Pb, Cd, S, Mn утворюють рухливі форми [4].

Вуглепереробна галузь – один із найважливіших виробничих підрозділів будь-якої держави з розвиненою важкою промисловістю. Ідентифікація варіантів вирішення проблеми окремих видів відходів та побічних продуктів має відповідати умовам:

- технології поводження з ними мають бути реально здійсненними;
- екологічні ризики мають відповідати законодавчим нормам;
- варіанти мають бути конкурентоспроможними за фінансовими та матеріально-енергетичними витратами;
- обладнання та матеріали повинні бути реально доступні;
- об'єкти, що реалізують проблему, повинні розпочати проектування для реалізації обраного варіанта та бути готовими до впровадження;
- фінансування варіанта має бути передбачене інстанцією, яка приймає рішення.





Рис. 4 Дискретна матриця балансу «сировина-продукція-відходи» для технологічного процесу

По визначенню можливих варіантів вирішення проблеми по кожному виду компонентів виконують етап – відбір варіантів для подальшого порівняння та «вибракування» явно неконкурентоспроможних. В результаті залишається обмежена кількість базових варіантів. На основному етапі вибору оптимального варіанта детально розглядають:

- для варіантів поховання небезпечних відходів: прийом їх на полігонах, що діють, фінансові та технічні можливості створення нових полігонів;

- для варіантів утилізації відходів та побічних продуктів у вигляді вторинних матеріальних ресурсів: ринкова кон'юнктура, вартісні показники; аналіз впливу на навколишнє середовище та детальний вартісний аналіз; реалізовані технології поводження з побічними продуктами, їх еколого-економічні характеристики; енерговитрати та питання енергозбереження; балансові співвідношення у ланцюжку «сировина-продукція-відходи».

При розв'язанні задачі щодо кожного виду побічних матеріалів основним інструментом аналізу є моделі матеріального балансу. Якщо у виробництві використовують кілька видів сировини, отримують ряд видів продукції та побічних матеріалів, то баланс

визначають за окремими видами з урахуванням їх частки у продукції, та загалом.

Балансові співвідношення «сировина-продукція-небезпечні відходи або побічні матеріали» для цеху або заводу можна подати у вигляді матриці та алгоритму. На осі С за видами сировини дискретно відкладені виміри: маса  $C_1, C_2, C_3 \dots C_k$  видів сировини на осі П – маси видів продукції  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3 \dots \Pi_i$ , а на осі О – значення кожного виду побічних матеріалів (див. рис. 4, 5).

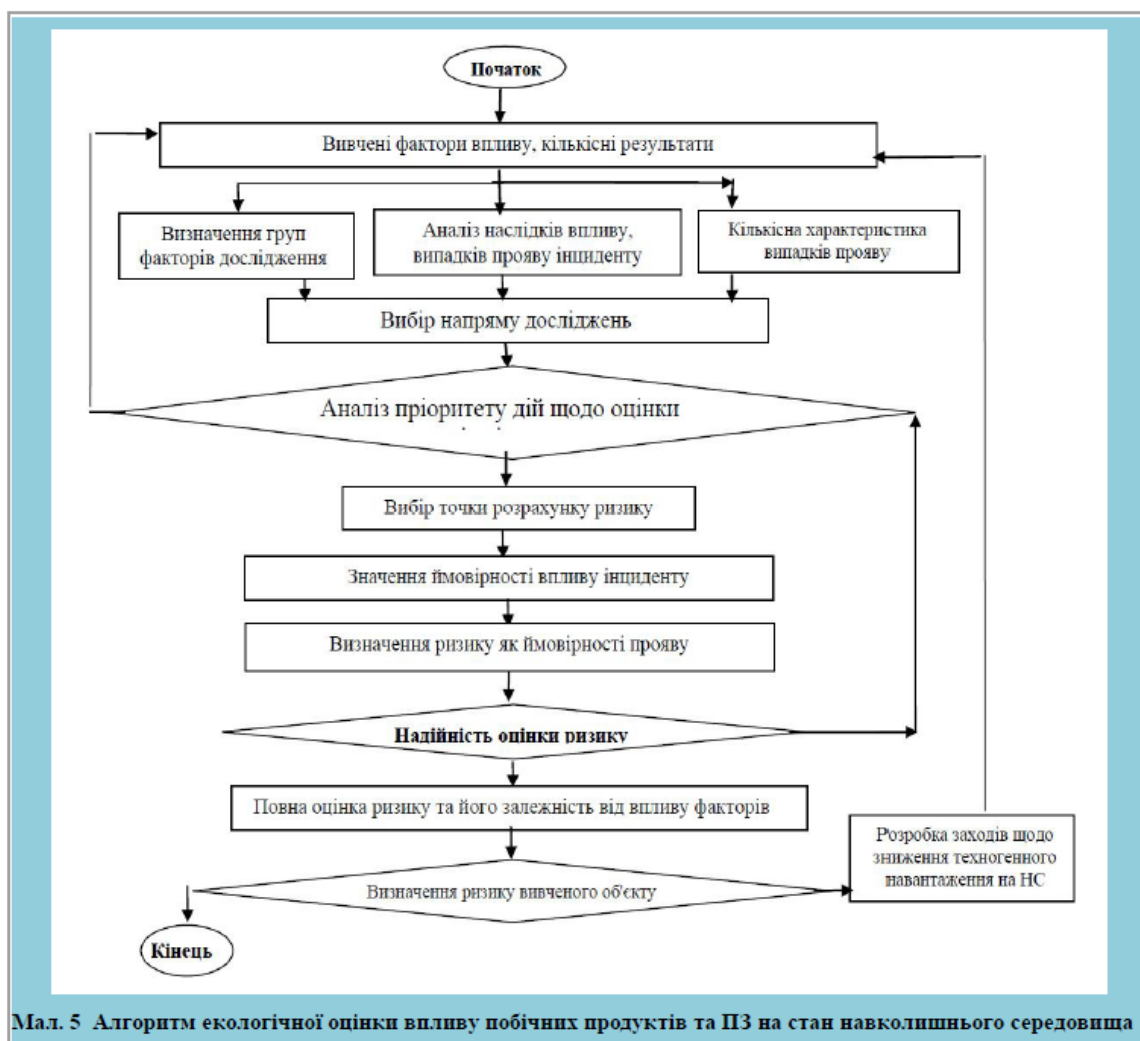
Нижче наведено приклад розрахунку маси пилу, що надходить в атмосферу при переміщенні вугільної маси на відкритому вугільному складі за вихідними даними, що наведені у табл. 5.

Визначено емпіричні залежності для розрахунку маси пилу, що здуває з поверхні вугільної маси на відкритому вугільному складі:

$$M_o^c = K_o \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot S_o \cdot ((100 - n^1)/100) \cdot 10^{-5}, \text{ т/с}; \quad (2)$$

$$M_x = 86,4 K_o \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot S_o \cdot (365 - T_c) \cdot ((100 - n^1)/100) \cdot 10^{-8}, \text{ т/год}; \quad (3)$$

де коефіцієнти:  $K$  – вологості вугілля,  $K_1$  – швидкості вітру,  $K_2$  – ефективності здування пилу,  $S_o$  – площа пилогенеруючої поверхні,  $m^2$ ;  $n^1$  – ефективність засобів пилоподавлення, %;  $T_c$  – кількість днів із сніговим покривом.



Мал. 5 Алгоритм екологічної оцінки впливу побічних продуктів та ПЗ на стан навколишнього середовища

Таблиця 5

Дані для розрахунку викиду пилу при перевантаженні вугільної маси

Показник	Одиниця вимірювання	Значення
Обсяг вугільної маси, що складається	тис. м <sup>3</sup> /рік	100
Вологість вугільної маси, середня	%	7
Площа пилотгенеруючої поверхні на відкритому вугільному складі	м <sup>2</sup>	925
Площа пилотгенеруючої поверхні складування фракції крупністю +25 мм	м <sup>2</sup>	635
Характерна швидкість вітру	м/с	4,1



На основі розрахунків загальна кількість пилу, що надходить в атмосферу при переміщенні вугільної маси становить 0,04 г/с або 1,374 т/рік.

#### Висновки

1. Викиди забруднюючих речовин вуглевидобувних та вуглепереробних виробництв – один із основних факторів погіршення стану НС та здоров'я людини. У цьому напрямку основною стратегією є мінімізація їхньої кількості шляхом збільшення ступеня чистоти виробництва, утилізація чи поховання уловлених викидів.

2. В світі існує тенденція розглядати відходи із двох точок зору:

– ПЗ як джерело вторинної сировини. Цей напрямок вимагає підготовки або комплексної переробки ПЗ та повного обліку корисних компонентів, які можна отримати при їх переробці. Головне – вивчення об'єктів регіону як потенційних споживачів ПЗ на основі принципів індустріального симбіозу, вивчення складу ПЗ та організація технологічних процесів їхньої глибокої переробки з використанням нових технологій.

– ПЗ як фактор обміну в умовах нестачі сировинних запасів між об'єктами ресурсомістких галузей на державному та регіональному рівнях.

Напрямок розвитку промисловості визначається детальним вивченням властивостей ПЗ та економікою обраних варіантів захисту навколишнього середовища.

3. Основними джерелами впливу підприємств вуглезабагачення та вуглепереробки на всі сфери НС є організовані та неорганізовані пилогазові викиди, скидання технологічних стічних вод та стоків з поверхні та з обсягів відвалів та шламонакопичувачів вуглезабагачувальних фабрик.

#### Бібліографічний список

1. *Ukraine's Greenhouse Gas Inventory 1990-2018 Annual National Inventory Report for Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol* // Ministry of Energy and Environmental Protection of Ukraine. Kyiv, 2020. – 491 p.

2. *Касимов А.М. Управление опасными промышленными отходами. Современные проблемы и решения: монография / А.М. Касимов, Л.Л. Товажнянский, В.И. Тошинский [и др.]. – Харьков: Изд-во НТУ «ХПИ», 2009. – 510 с.*

3. *Методические указания по прогнозу загрязнения воздуха в городах. Под ред. М.Е. Берлянда. – Ленинград: Гидрометеоиздат. – 1979. – 80 с.*

4. *Касимов А.М. Современные проблемы и решения в системе управления опасными отходами / А.М. Касимов, В.Т. Семенов, Н.Г. Щербань [и др.]. – Харьков: ХНАГХ? 2008. – 508 с.*

5. *Билец Д.Ю. К вопросу о повышении экологичности коксохимических производств / Д.Ю. Билец, П.В. Карножицкий, А.Л. Борисенко // Углекимический журнал. – 2015. – № 2. – С. 27-30.*

6. *Борисенко А.Л. Регулирование выбросов загрязняющих веществ и обращение с отходами на коксохимических заводах Украины / А.Л. Борисенко, А.С. Малыш, Е.Ю. Спирина [и др.] // Углекимический журнал. – 2015. – № 3. – С. 43-51.*

7. *Борисенко А.Л. Комплексное решение экологических проблем на ОАО «Запорожжкокс» / А.Л. Борисенко, А.С. Малыш, Г.М. Ткалич [и др.] // Углекимический журнал. – 2009. – № 1-2. – С. 96-100.*

Рукопис надійшов до редакції 12.04.2021

DOI: 10.31081/1681-309X-2021-0-5-15-25

Specialty 161. U.D.C. 669:504

#### ANALYSIS AND PROSPECTS OF SEPARATE ENVIRONMENTAL PROTECTION SYSTEMS AT COAL MINING AND COAL PROCESSING ENTERPRISES OF UKRAINE

© O.A. Atamanuk, PhD (LLC "Center for Ecology and Development of New Technologies", 01032, Kyiv, Leo Tolstoy st., 33, office 75, Ukraine), O.M. Kasimov, Doctor of Technical Sciences (State Enterprise "Ukrainian State Research Coal Chemistry Institute (UHIN)", 61023 Kharkov, Vesnina st., 7, Ukraine)

*The article describes the organizational regional structure of industrial waste management in modern Ukraine, which will improve the efficiency of industrial waste management systems and industrial energy facilities in Ukraine. The structure of industrial waste management at different system levels, from the national to the level of an industrial enterprise, is described.*



The data on the recommendations of the World Health Organization on the emissions of toxicants into the air and the data of the State Statistics Service of Ukraine on the content of the main pollutant gases in air emissions from stationary sources of Ukraine from 1990 to 2018 are presented.

The scheme of the negative impact on the environment of emissions of pollutants from stationary sources – production facilities of coal mining and coal processing is characterized. Comparative data on the indicators of the volumes of toxic waste generation at the enterprises of European countries and the heavy industry of Ukraine are given. It is shown that the main sources of the impact of coal processing enterprises and coal processing industries on all spheres of the environment are organized and unorganized dust and gas emissions, discharges of process wastewater and effluents from the surface and from the volumes of dumps and sludge collectors of coal processing plants.

As a result of comprehensive research by the authors, a number of coal dumps of concentrating factories in Eastern Ukraine have been studied, migration routes and concentration of rare and heavy metal compounds in the soil near coal dumps have been investigated. Rather stringent standards for the content of hazardous substances in industrial waste require special methods for neutralizing coal sludge before final disposal and / or disposal of the raw materials used to obtain humic acids. The corresponding equations are given.

Keywords: coal sludge, coal preparation plants, coal dumps, sludge collectors, surface runoff, environmental pollution, emissions into the atmosphere, gaseous, liquid and solid toxicants.

Corresponding author O.M. Kasimov, e-mail: [nto@ukhim.org.ua](mailto:nto@ukhim.org.ua)

DOI: 10.31081/1681-309X-2021-0-5-15-25

Специальность 161. УДК 669:504

#### АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОТДЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ И УГЛЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ УКРАИНЫ

© А.А. Атаманюк, к.т.н. (ООО «Центр экологии и развития новых технологий», 01032, г. Киев, ул. Льва Толстого, 33, оф.75, Украина), А.М. Касимов, д.т.н. (Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИН)», 61023 г. Харьков, ул. Веснина, 7, Украина)

В статье охарактеризована организационная региональная структура управления промышленными отходами в условиях современной Украины, которая позволит повысить эффективность систем обращения с отходами производства и объектов промышленной энергетики Украины. Описана структура управления промышленными отходами на разных системных уровнях – от общегосударственного до уровня промышленного предприятия. Приведены данные о рекомендациях Всемирной организации здравоохранения по выбросам токсикантов в атмосферный воздух и данные Госстата Украины о содержании основных газов-загрязнителей в выбросах в атмосферу от стационарных источников Украины с 1990 по 2018 гг.

Охарактеризована схема отрицательного влияния на окружающую среду выбросов загрязняющих веществ из стационарных источников – производственных объектов угледобычи и углепереработки. Приведены сравнительные данные о показателях объемов образования токсичных отходов на предприятиях стран Европы и тяжелой промышленности Украины. Показано, что основными источниками воздействия предприятий углеобогащения и углеперерабатывающих производств на все сферы окружающей среды (НС) являются организованные и неорганизованные пылегазовые выбросы, сбросы технологических сточных вод и стоков с поверхности и из объемов отвалов и шламонакопителей углеобогатительных фабрик.

В результате комплексных исследований авторов изучен ряд углеродных отвалов обогатительных фабрик Восточной Украины, исследованы пути миграции и концентрации соединений редких и тяжелых металлов в почве возле углеродных отвалов. Достаточно жесткие нормы по содержанию вредных веществ в промышленных отходах требуют специальных методов обезвреживания углешламов перед окончательным захоронением и/или утилизацией.

Ключевые слова: углешламы, углеобогатительные фабрики, углеотвалы, шламонакопители, поверхностные стоки, загрязнение окружающей среды, выбросы в атмосферу, газообразные, жидкие и твердые токсиканты.

Автор для переписки А.М. Касимов, e-mail: [nto@ukhin.org.ua](mailto:nto@ukhin.org.ua)

DOI: 10.31081/1681-309X-2021-0-5-25-32

Спеціальність 161. УДК 62-662.5

## ВИКОРИСТАННЯ ОПАЛОГО ЛИСТЯ У ВИРОБНИЦТВІ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ

© А.Б. Григоров<sup>1</sup>, М.О. Токарев<sup>2</sup>, М.Ю. Поліщук<sup>3</sup>

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 61002, м. Харків, вул. Курчичова, 2, Україна

О.В. Жарова<sup>4</sup>

Державне підприємство «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут (УХІН)», 61023 м. Харків, вул. Весніна, 7, Україна

<sup>1</sup> Григоров Андрій Борисович, докт. тех. наук, доц. кафедри технології переробки нафти, газу та твердого палива (КТПНГТП), e-mail: [grigorovandrev@ukr.net](mailto:grigorovandrev@ukr.net)

<sup>2</sup> Токарев Микита Олександрович, студент кафедри (КТПНГТП), e-mail: [nkt007123@gmail.com](mailto:nkt007123@gmail.com)

<sup>3</sup> Поліщук Микита Юрійович, студент кафедри (КТПНГТП), e-mail: [gta6732@gmail.com](mailto:gta6732@gmail.com)

<sup>4</sup> Жарова Ольга Володимирівна, в.о. старшого наук. співр. хімічного відділу, e-mail: [xo@ukhin.org.ua](mailto:xo@ukhin.org.ua)

У статті розглянуто можливість отримання паливних брикетів – альтернативного біопалива на основі опалого листя (використовувалися такі породи дерев як дуб і клён) та крохмалю. Останній застосовувався як зв'язуючий матеріал. Використання 10-30 % за масою крохмалю дозволило виготовляти брикети на гвинтовому пресі під тиском до 15 МПа. Процес отримання паливних брикетів з опалого листя та крохмалю включає у себе наступні послідовні стадії: збір сировини, її підготування та усереднення, перемішування, пресування та сушка. Отримані брикети досліджували з точки зору придатності до застосування.

На стадії дослідження спершу оцінювався зовнішній вигляд отриманих брикетів, а далі визначалася їх щільність ( $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>), міцність ( $P$ , МПа), робоча теплота згоряння ( $Q$ , МДж/кг) та визначалися оптимальні умови зберігання. Оцінювання зовнішнього вигляду показало, що правильну геометричну форму мали ті брикети, в яких масовий вміст крохмалю знаходився в інтервалі 20-25 % від маси листя.

Встановлено, що максимальне значення щільності брикету (580 кг/м<sup>3</sup>) та міцності на стискання (4,8 МПа) спостерігається у тих паливних брикетах, в яких містилося 25 % крохмалю (за масою). Тобто цю концентрацію можна вважати оптимальною для даної технології виробництва паливних брикетів. При цьому, зі збільшенням вмісту крохмалю у паливному брикеті відбувалося і збільшення його робочої теплоти згоряння, яка при вмісті крохмалю на рівні 25 % за масою складала 17,8 МДж/кг.