

**УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ – МЕТОДИКА КЛАСИФІКАЦІЇ  
ТВЕРДИХ ГОРЮЧИХ КОПАЛИН**

Екологічна безпека залежить від рівня розвитку енергетичної безпеки. Горючі копалини відіграють провідну роль у забезпеченні енергетичної безпеки країни. Тверді горючі копалини займають вагому питому вагу у загальній масі горючих копалин. На даний час не існує єдиної універсальної системи класифікації твердих горючих копалин. У різних країнах використовують різні системи класифікації вугілля за марками. При цьому у залежності від системи класифікації враховують різні набори різних показників. Основним акумулятором енергії у складі твердих горючих копалин є вуглець і у невеликій кількості водень. Енергетична твердих горючих копалин знаходиться у прямій залежності від вмісту цих хімічних елементів. Для оцінки та порівняння різних видів твердих горючих копалин та їх внутривидових відмінностей, виходячи з наявності оптимального числа показників основних енергетичних носіїв, якими є вуглець та водень, розроблено коефіцієнт переведення їх в умовний антрацит. Розроблений коефіцієнт переведення твердих горючих копалин в умовний антрацит дає можливість аналізувати енергетичну цінність, різних типів твердих горючих копалин, родовищ, пластів твердих горючих копалин, різних марок вугілля, роботу підприємств з видобутку твердих горючих копалин, гірничозбагачувальних комбінатів і фабрик та підприємств з використання та переробки твердих горючих копалин, стан та перспективи розвитку різних рівнів енергетичної безпеки. У системі екологічної безпеки, розроблений нами коефіцієнт, можна використовувати при розробці комп'ютерних програм з моделювання при створенні систем захисту з недопущення загорань, пожеж та вибухів при добуванні, використанні та переробці твердих горючих копалин. Запропонований варіант може слугувати, як додатковим різновидом для узагальнення та удосконалення існуючих систем класифікації, так і для спонукання мотивації до пошуку нових підходів у подальшому вирішенні питання класифікації твердих горючих копалин.

**Ключові слова:** антрацит, торф, буре вугілля, кам'яне вугілля, умовний антрацит, усереднений вуглецево-водневий показник, коефіцієнт переведення в умовний антрацит.

**Постановка проблеми.** Екологічна безпека є невід'ємною складовою національної безпеки.

Усі елементи життєдіяльності суспільства функціонують при гарантованому забезпеченні його енергетичними ресурсами. Саме тому енергетична безпека є однією з найважливіших складових економічної безпеки будь-якої держави [1]. В Україні запаси твердих горючих копалин у прикладному значенні є:

- бурого вугілля – постійними;
- кам'яного вугілля – постійними;
- торфу – постійними з незначною тенденцією до зменшення.

При цьому видобуток бурого вугілля характеризується тенденцією до збільшення, кам'яного вугілля має тенденцію до стійкого зменшення, торфу демонструє слабе зростання [2]. Ринок вугілля має два провідних сегменти [3]:

- енергетичне вугілля, використовується для виробництва електроенергії;
- коксівне вугілля, використовується в металургії.

Енергетична безпека є однією із базових. Без функціонування, на відповідному рівні, енергетичної безпеки неможлива реалізація функціонування, як екологічної безпеки так і інших видів безпеки, які є комплексним забезпечення національної безпеки. У забезпеченні енергетичної безпеки провідну роль відіграють горючі копалини.

До горючих копалин відносять різноманітні вуглецеві органічні речовини, що залягають у надрах у вигляді різних скупчень. За агрегатним станом розрізняють тверді, рідкі і газоподібні горючі копалини. Серед горючих копалин вагому питому вагу займають тверді горючі копалини. За ступенем перетворення вихідних біогенних матеріалів у результаті вуглефікації розрізняють такі види твердих горючих копалин:

- торф;
- буре вугілля;

- кам'яне вугілля;
- антрацити;
- горючі й вуглисті сланці.

Аналізуючи існуючі класифікації твердих горючих копалин можна зробити висновок, що на даний час класифікація вугілля здійснюється за генетичними і технологічними параметрами, крупністю, збагачуваністю, петрографічним складом тощо. При цьому розрізняють генетичні, хіміко-технологічні, промислові та змішані класифікації вугілля [4, 5].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Однією з найскладніших проблем науки про тверді горючі копалини є їх класифікація. Над вирішенням цієї проблеми працювали і працюють дослідники в різних країнах світу, у тому числі і в нашій країні. Існуючі класифікації твердих горючих копалин можна поділити на три основні типи:

– загальні – включають основні параметри (конститутивні властивості), що відображають внутрішню спільність кожного класу і класів серед всіх твердих горючих копалин, охоплених класифікацією. Такі класифікації мають головним чином пізнавальне теоретичне значення;

– технологічні (промислові) – розподіляють твердих горючих копалин за показниками властивостей. Технологічні класифікації виражають головним чином такі співвідношення властивостей твердих горючих копалин, знання яких необхідне для використання їх в тій або іншій конкретній галузі промисловості, і тому вони називаються також окремими або частковими;

– комбіновані – (промислово-генетична) ґрунтуються на показниках, що використовуються і в загальних, і в технологічних класифікаціях. Приведені класифікації мають як теоретичне, так і практичне значення. Вони дають можливість визначити число твердих горючих копалин, включених у класифікацію, а також сприяють розкриттю взаємозв'язку складу, будови і практично важливих їх властивостей. Виходячи із різноманіття видів твердих горючих копалин у природі, розроблено їх систематизацію за найбільш загальними, характерними ознаками. наукових класифікацій – табл. 1 [5, 6, 7].

Таблиця 1

Загальна наукова класифікація твердих горючих копалин [5; 6, 7]

Класи твердих горючих копалин	Стадії хімічної зрілості			
	торф'яна	буровугільна	кам'яновугільна	антрацитна
1	2	3	4	5
I. Гуміти (переважно з вищих рослин)	Торфи: а) верхових боліт б) низинних боліт в) захоронені	Буре вугілля: а) землисте б) щільне (блискуче, матове смугасте) в) лігніти	Кам'яне вугілля: а) зовні однорідне (блискуче, сажа) б) зовні неоднорідне (смугасте, матове напівблискуче)	Антрацити
II. Ліпобіоліти (із стійких формівних елементів вищих рослин)	а) фіхтеліт – з воску б) копали – із смол в) фіменіт – з пилку	а) піропісит – із воску б) янтар – зі смол в) спорове вугілля (підмосковне) г) кутикулове вугілля (підмосковне “паперове” вугілля) д) барзаське вугілля	а) рабдопісит – зі смол б) ткібульське смоляне вугілля в) концентрації смол г) спорове (кізеловське) д) кутикуліт (іркутське) е) “листувате” вугілля (барзаське) ж) кеннелі з) лопініт – із кори	-
II. Сапропеліти (з нижчих рослин, водоростей (альг), залишків живих організмів – планктону)	а) сапропелі (прісноводні) б) куронгіт в) балхашит г) сапроколи	а) богхеда б) торбаніт в) марагуніт г) сапропеліти серед бурого вугілля	а) вугілля з Люгау (богхед) б) сапропеліти серед кам'яного вугілля (кеннелі-богхеда)	Сапропеліти серед донецьких антрацитів

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5
1. Власне сапропеліти (стійкі елементи рослин містяться)		(кеннелі-богхеда, напівбогхеда)		
2. Сапроколіти (стійкі елементи рослин відсутні)		Сапроколіти серед бурого вугілля	Сапроколіти серед іркутського кам'яного вугілля (хахарейські, матаганські)	
IV. Група особливих видів твердих горючих копалин	–	а) змішані сапропеліто-гуміти й гуміто-сапропеліти серед підмосковного бурого вугілля б) змішане гуміто–ліптіобіолітове вугілля серед бурого вугілля Дніпровського басейну в) кеннелі	а) змішані гуміто-сапропеліти серед іркутського кам'яного вугілля б) змішані гуміто-ліптіобіоліти серед кам'яного вугілля Західного Донбасу і Кізеловського басейну в) кеннелі	Антрацити змішаного походження і складу серед донецьких гумусних антрацитів.

Європейська економічна комісія ООН затвердила нову систему міжнародної кодифікації вугілля середнього та високого рангів, тобто кам'яного вугілля та антрацитів [8]. Згідно з цією класифікацією до бурого відносять вугілля з вищою теплою згоряння вологої беззолної маси до 24000 кДж/кг. Набір основних ознак, якими повинно характеризуватися вугілля: середній показник відбиття вітриніту; характеристика рефлєкторами; мацєральний склад: вміст інертиніту; вміст ліптиніту; індекс вільного спучування; вихід летких речовин на сухе беззолне паливо; зольність на суху масу; вміст сірки на суху масу; вища температура згоряння на суху беззолну масу [8]. У різних країнах застосовуються різні підходи щодо загальної класифікації твердих горючих копалин (табл. 2).

Таблиця 2

Порівняльна класифікація вугілля [9]

ЄЕК ООН	Види вугілля	
	США	Німеччина
Торф	Торф	Торф
Орто-лігніт	Буре вугілля	М'яке буре вугілля
Мета-лігніт	Буре вугілля / Підбітумне вугілля	Матове буре вугілля
Мета-лігніт	Суббітумне вугілля	Глянцеве буре вугілля
Бітумне вугілля	Суббітумне вугілля / Середньо летке бітумне вугілля	Полум'яне вугілля
	Середньо летке бітумне вугілля	Газове полум'яне вугілля Газове вугілля Жирне вугілля
	Мало летке бітумне вугілля	Ковальське полубітумне вугілля
Антрацит	Напівантрацит	Пісне вугілля
	Антрацит	Антрацит

Поширена класифікація видів вугілля в Рурській гірничій промисловості. за вмістом летких складових

Численні технологічні показники розраховуються при обґрунтуванні запасів і проектуванні розробки родовищ [10]. Класифікація запасів/ресурсів корисних копалин є основою для управління, обліку та контролю за їх використанням. Історично розвиток класифікацій у різних країнах відбувався у діаметрально протилежних напрямках: у країнах, у свій час, так званого соціалістичного табору виділення категорій запасів/ресурсів проводилось за ступенем геологічного вивчення надр, у інших країнах – за рівнем економічної значущості та можливої адаптації запасів та ресурсів до ринку. Будь-яка система класифікації створює єдину базу порівняння і дозволяє знизити суб'єктивність при проведенні оцінки обсягів запасів та ресурсів корисних копалин. У зв'язку із глобалізацією ринків мінерально-сировинних та енергетичних ресурсів у світі визначилась тенденція до зменшення кількості класифікаційних систем та розроблення єдиної Класифікаційної системи запасів і ресурсів корисних копалин для опрацювання Глобального Кодексу звітності щодо користування надрами Землі [11].

**Постановка завдання та його розв'язання.** Враховуючи те, що існують класифікації де поряд з такими показниками як вихід летких речовин, використовуються такі показники, як вміст вуглецю, теплота згорання, відбивна здатність в масляній імерсії, або летючі речовини, вуглець, водень, кисень, сірка, теплота згорання, метою статті є розроблення спрощеного методу для оцінки та порівняння різних видів твердих горючих копалин, виходячи з оптимального числа основних показників.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття.** На даний час не існує єдиної універсальної системи класифікації твердих горючих копалин. У різних країнах використовують різні системи класифікації вугілля за марками. У залежності від системи класифікації враховують різні набори різних показників. Існує класифікація – лігніти, суббітумінозне вугілля, бітумінозне вугілля, антрацити й графіти. У закордонних промислових класифікаціях викопного вугілля прийнято виділяти вугілля буре, кам'яне і антрацити з додатковим виділенням лігнітів або ототожненням останніх з бурим вугіллям. Елементарні поділи в цих класифікаціях ґрунтуються на ступені їх вуглефікації і зумовлені нею таких найважливіших показників промислових властивостей, як питома теплота при згоранні та спікливість. У залежності від класифікації прийняті такі параметри: елементний склад, вихід і властивості нелеткого залишку.

У США викопне вугілля поділене на 4 класи: лігніти, суббітумінозне і бітумінозне вугілля, антрацити. У кожному класі виділено групи для лігнітів і неспікливого (суббітумінозного) вугілля за величиною вищої питомої теплоти згорання беззолного вугілля, а для вугілля, що спікається (бітумінозного), і антрацитів, – за вмістом зв'язаного вуглецю і виходом летких речовин. Постає необхідність оптимізації класифікації твердих горючих копалин.

**Виклад основного матеріалу дослідження зповним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.** Територіально-просторова, енергетична та продовольча безпеки, є невід'ємними складовими для забезпечення безпеки життєвого потенціалу суспільства і кожного, окремо взятого, його жителя [13]. Реалізація, як основних, похідних видів безпеки різних рівнів, та і національної безпеки у цілому не можлива без надійного функціонування енергетичної та екологічної безпеки. Вуглець і водень є невід'ємною, базовою складовою, як усіх живих організмів так і газоподібних, рідких та твердих горючих копалин, що складають основу енергетичної безпеки. Горючі корисні копалини – природні органічні сполуки, що мають здатність горіти. Використовуються як джерело теплової енергії. Поширені в природі у твердому (кам'яне та буре вугілля, торф, горючі сланці, сапропеліти), рідкому (нафта, нафтоподібні речовини – рідинні та затверділі – природні асфальти, озокерит, кір тощо) й газоподібному (гази природні горючі) стані. Горючі корисні копалини складаються з горючої маси (вуглець, водень, кисень, сірка) і баласту (золи). З усіх твердих горючих корисних копалин найважливішим є вугілля [4].

Здатність вуглецю з'єднуватися з більшістю елементів і утворювати молекули різного складу та будови, обумовлює різноманіття органічних сполук. Органічні сполуки відіграють безпосередню та опосередковану роль у забезпеченні існування, як живих організмів так і Людини. Однією з таких важливих ролей є забезпечення різних рівнів енергетичної безпеки, яка, на даний момент, ще неможлива без використання різних видів горючих копалин у домі числі і твердих горючих копалин.

Вуглець (Carboneum) C – хімічний елемент, міжнародна назва походить від латинського *carbo* – вугілля, пов'язаного з давнім коренем *kar* – вогонь, атомний номер 6. Відносна атомна маса 12,011, електронегативність: 2,6; температура плавлення 3550°C (згоряє), температура кипіння 4800°C, густина (графіт) – 2,25 г/см<sup>3</sup>. Кількість власних мінералів вуглецю – 112; дуже велика кількість органічних сполук вуглецю – вуглеводнів та їх похідних. Вуглець знаходиться в природі як у вільному стані так і у вигляді сполук. Він дуже поширений в земній корі, а також у космосі; на Сонці він посідає четверте місце після водню, гелію та кисню. Вуглець складає приблизно 0,5% від маси земної кори (близько  $1 \times 10^{17}$  т). Колообіг вуглецю, як і будь-якого іншого елемента, відбувається за великим і малим циклами. Великий (геологічний) колообіг пов'язаний з хімічним вивітрюванням вуглецю літосфери і виносом в океан карбонатів вивержених порід з подальшим метаморфізмом і виділенням вуглекислоти у атмосферу. Біологічний колообіг вуглецю пов'язаний з життєдіяльністю організмів. Вуглець, що міститься у вигляді CO<sub>2</sub> в атмосфері ( $23,5 \times 10^{11}$  т), служить сировиною для фотосинтезу рослин. Частина вуглецю у вигляді CO<sub>2</sub> повертається в атмосферу при розкладанні рослин, а інша частина накопичується у вигляді мертвої органіки, наприклад, покладів вугілля і торфу, продуктів процесу фотосинтезу рослин минулих геологічних епох. Багато вуглецю містять антрацит, кам'яне і буре вугілля, торф. Вуглець входить до складу нафти, природного газу, повітря, рослин, організму людини і тварин. Порівняно з середнім вмістом в земній корі, людство у надзвичайно великій кількості видобуває вуглець із надр у вигляді горючих копалин, які є основним джерелом енергії [5].

Горючі копалини є газоподібні, рідкі та тверді. Тверді горючі копалини – вуглеводневі осадові породи, переважно рослинного походження, що мають здатність горіти. За ступенем перетворення вихідних біогенних матеріалів у результаті вуглефікації розрізняють такі види твердих горючих копалин: торф, буре вугілля, кам'яне вугілля, антрацити, горючі й вуглисті сланці [6].

Торф – [нім. *Torf*] – біогенна пориста осадова порода (каустобіоліт). Колір бурий або темний. Природна вологість 75-95%, вміст вуглецю 45-66%. Він є першою стадією перетворення рослинного матеріалу у вугілля. Накопичується в болотах із залишків відмерлих рослин, які розкладаються в умовах підвищеної вологості та обмеженого доступу повітря (кисню). Головну роль при торфоутворенні відіграють процеси гуміфікації. Використовується переважно як місцеве паливо, для виготовлення комплексних органічних добрив, рідше – для бальнеологічних потреб [14].

Буре вугілля – горюча осадова порода рослинного походження із групи каустобіолітів, перехідна форма від торфу до кам'яного вугілля. Колір від світло-бурого до чорного. Має високу гігроскопічність. За складом належить до гуматів. Твердість незначна. Розрізняють м'яке буре вугілля (лігніт) із вмістом вуглецю в органічній речовині 63-71% і вологістю 40-60%, а також щільне буре вугілля із вмістом вологи 17-40%. За Міжнародною класифікацією буре вугілля поділяють на 6 класів за вологістю (< 20%, 20-30%, 40-50%, 50-60%, > 70%) та на п'ять груп за виходом смол напівкоксування. В Україні буре вугілля за виходом смол напівкоксування виділяють 4 групи, за теплою згорання – 4 підгрупи (> 1,5; 31-31,5; 29-31; < 26 МДж/кг). Буре вугілля утворюється шляхом стадійного перетворення рослинних решток. Спочатку у водному середовищі у відновних умовах формується торф. Після перекриття торфу осадами і занурення у товщі порід в умовах підвищеної температури і тиску відбувається зміна компонентного і хімічного складу органіки і утворення бурого вугілля. Використовується переважно для спалення на ТЕС, як побутове паливо, а також для брикетування, газифікації, виробництва вуглежних реагентів та монтан-воску (гірничого воску). Перспективним є зрідження бурого вугілля, а також його комплексна переробка [15].

Кам'яне вугілля – горюча осадова порода рослинного походження із групи *каустобіолітів*. Формування кам'яного вугілля відбувається шляхом стадійного перетворення рослинних решток. Спочатку, внаслідок розкладу решток у водному середовищі та відновних умовах утворюється *торф*. Далі, після перекриття торфу мінеральними осадами і занурення на значну глибину, під дією біогенних процесів, підвищеної температури та тиску відбувається ущільнення, вижимання води та зміна компонентного і хімічного складу органічної речовини з послідовним утворенням *бурого вугілля*, кам'яного вугілля та антрациту. Колір чорний, сіривато-чорний. Густина 1-1,8. Твердість 0,5-2,5. Вміст вуглецю 75-97%. Розповсюжене серед відкладів кам'яновугільної, пермської та юрської систем [16].

Антрацит – від гр. *anthrax* – вугілля, англ. *anthracite, hard coal*; нім. *Anthrazit*; фр. *anthracite*, ісп. *antracita* – найбільш метаморфізований різновид *воугілля кам'яного*, що має високу *теплотворну* здатність. кам'яне вугілля найвищого ступеня вуглефікації. Антрацит широко застосовується як високоякісне енергетичне паливо, а також як сировина у чорній та кольоровій металургії, хімічній та електротехнічній промисловості тощо. Антрацит – вуглецева сировина при виготовленні абразивів, відновлювачів, електродів [17]. Колір сірувато-чорний, блиск яскраво металічний, твердість до 2,5, густина 1,4-1,7. Вміст вуглецю 92-97%. Має електропровідність. Є продуктом природних перетворень відмерлого рослинного матеріалу. Утворюється переважно внаслідок регіонального метаморфізму при зануренні вугленосних товщ в область підвищених температур (350-550<sup>0</sup>С) і тиску. Залягає у вигляді пластів і лінзовидних тіл. Горить без диму, не спікається, має високу теплотворну здатність (33-35 МДж/кг). Використовується як високоякісне енергетичне паливо [18]. Вміст вуглецю, за різними даними, може коливатися від 91,0 до 97,0, а водню від 1,3 до 3,0 відсотків. Уважається, що у відповідних умовах антрацит може через проміжні стадії перетворитися на графіт. У такому разі безперервний ряд гумітів (торф – буре вугілля – кам'яне вугілля – антрацит) закінчується графітом [6].

Енергетичний стан речовини, тобто кількість накопиченої енергії, визначає хід подальших хімічних перетворень чи фізико-хімічних реакцій і як наслідок впливає на формування складу та властивостей речовини. А від так, енергетичний стан речовини впливає на процеси газогенерації, прояви газодинамічних явищ, або самозаймання вугілля. Але будь яким змінам в молекулярному складі передують структурні трансформації речовини, що визначають хід подальших хімічних перетворень, та фізико-хімічних реакцій [19].

Основним акумулятором енергії у складі твердих горючих копалин є вуглець і у невеликій кількості водень. Виходячи з цього, енергетична цінність твердих горючих копалин знаходиться у прямій залежності від вмісту у їхньому складі вуглецю та водню.

Для оцінки та порівняння різних видів твердих горючих копалин ми, виходячи з оптимального числа основних відсоткових показників вуглецю і водню, розробили методіку з визначення коефіцієнта переведення різних видів твердих горючих копалин в умовний антрацит. Для переведення певного виду твердих горючих копалин, або вугілля певної марки в умовний антрацит пропонуємо розроблену нами формулу:

$$K_{SKM} = \frac{C+H}{A_{mCH}} \quad (1)$$

де  $K_{SKM}$  – коефіцієнт переведення твердих горючих копалин в умовний антрацит;  $C$  – маса вуглецю у взятих для оцінки відповідних типів твердих горючих копалинах – у відсотках;  $H$  – маса водню у взятих для оцінки відповідних типів твердих горючих копалинах – у відсотках;  $A_{mCH}$  – усереднений вуглецево-водневий показник складу антрациту – у відсотках, визначаємо за формулою:

$$A_{mCH} = C_{Am} + H_{Am} \quad (2)$$

де  $C_{Am}$  – середній показник маси вуглецю в антрациті – у відсотках, визначаємо за формулою:

$$C_{Am} = \frac{C_{max} + C_{min}}{2} \quad (3)$$

де  $C_{max}$  – максимальна маса вуглецю в антрациті (%);  $C_{min}$  – мінімальна маса вуглецю в антрациті (%);  $H_{Am}$  – середня маса водню в антрациті – у відсотках, визначаємо за формулою:

$$H_{Am} = \frac{H_{max} + H_{min}}{2} \quad (4)$$

де  $H_{max}$  – максимальна маса водню в антрациті (%);  $H_{min}$  – мінімальна маса водню в антрациті (%).

Для визначення числового значення усередненого вуглецево-водневого показника складу антрациту, виходячи з максимальних 97 і 3 та мінімальних 92 і 2 відсоткових показників, у його складі, вуглецю та водню відповідно, використовуємо формули 2, 3, 4. Результат приведено у формулі:

$$A_{mCH} = C_{Am} + H_{Am} = \frac{C_{max} + C_{min}}{2} + \frac{H_{max} + H_{min}}{2} = \frac{97 + 92}{2} + \frac{3 + 2}{2} = \frac{189}{2} + \frac{5}{2} = 94,5 + 2,5 = 9 \quad (5)$$

Після визначення числового значення усередненого вуглецево-водневого показника складу антрациту для переведення певного виду твердих горючих копалин, або вугілля певної марки в

умовний антрацит, у формулу 1 підставляємо числове значення усередненого вуглецево-водневого показника складу антрациту з формули 5 і формула 1 буде мати більш конкретизований вигляд:

$$K_{SKM} = \frac{C+H}{97}, \quad (6)$$

де  $K_{SKM}$  – коефіцієнт переведення твердих горючих копалин в умовний антрацит;  $C$  – маса вуглецю у взятих для оцінки відповідних типів твердих горючих копалинах (%);  $H$  – маса водню у взятих для оцінки відповідних типів твердих горючих копалинах (%); 97 – усереднений вуглецево-водневий показник складу антрациту, %.

З метою оцінки та порівняння різних видів твердих горючих копалин та самих видів вугілля, виходячи з відсоткових показників вмісту у них на суху і беззольну масу вуглецю і водню, ми застосували розроблений нами коефіцієнт переведення різних видів твердих горючих копалин в умовний антрацит – формула 6. Отримані результати приведені у табл. 3.

Таблиця 3

**Переведення твердих горючих копалин в умовний антрацит\***

Назва	Показники вмісту на суху і беззольну масу, %											
	вуглець			водень			вуглець + водень			умовний антрацит		
	min.	max.	med.	min.	max.	med.	min.	max.	med.	min.	max.	med.
Деревина	–	–	49,7	–	–	6,1	–	–	55,8	–	–	0,58
Торфи	53,0	62,0	57,5	5,7	6,5	6,1	58,7	68,5	63,6	0,61	0,71	0,66
Буре вугілля:												
- землисте	63,0	72,0	67,5	5,5	6,5	6,0	68,5	78,5	73,5	0,71	0,81	0,76
- щільне матове	67,0	75,0	71,0	5,5	6,5	6,0	72,5	80,5	76,5	0,75	0,83	0,79
Кам'яне вугілля Донбасу, марка:												
- Д	76,0	86,0	81,0	5,0	6,0	5,5	81,0	92,0	86,5	0,84	0,95	0,90
- Г	78,0	89,0	83,5	4,5	5,5	5,0	82,5	94,5	88,5	0,85	0,97	0,91
- Ж	84,0	90,0	87,0	4,0	5,4	4,7	88,0	95,4	91,7	0,91	0,98	0,95
- К	87,0	92,0	89,5	4,0	5,2	4,6	91,0	97,2	94,1	0,94	1,00	0,97
- ПС	89,0	94,0	91,5	3,8	4,9	4,4	92,8	98,9	95,9	0,95	1,02	0,99
- П	90,0	95,0	92,5	3,4	4,4	3,9	93,4	99,4	96,4	0,96	1,02	0,99
- антрацит	91,0	96,0	93,5	1,3	3,0	2,2	92,3	99,0	95,7	0,95	1,02	0,99

\* Таблиця побудована на основі таблиці Елементний склад твердих горючих копалин різної природи і зрілості [6] із застосуванням даних розробленої авторами формули 6

За результатами таблиці можна зробити висновок, що за середнім відсотковим вмістом вуглецю і водню у перерахунку на суху беззольну масу, при переведенні в умовний антрацит мінімальний, максимальний і середній показник відповідно становить:

- деревина – середній – 0,58;
- торф – 0,61; 0,71; 0,66;
- буре вугілля – 0,71; 0,81; 0,78;
- антрацит – 0,95; 1,02; 0,99;
- кам'яне вугілля Донбасу в середньому у межах – 0,90-0,99.

Дану методику можна застосовувати для оцінки і порівняння твердих горючих копалин і різних видів вугілля усякого походження і неоднакового вуглецево-водневого складу.

**Висновки** Для кожного з видів твердих горючих копалин характерний широкий діапазон варіантів за хімічним складом та фізичними властивостями. Застосування розробленого нами коефіцієнта переведення твердих горючих копалин в умовний антрацит дає можливість аналізувати енергетичну цінність, різних типів твердих горючих копалин, родовищ, пластів твердих горючих копалин, різних марок вугілля, роботу підприємств з видобутку твердих горючих копалин, гірничозбагачувальних комбінатів та інших підприємств з переробки твердих горючих копалин, стан та перспективи розвитку різних рівнів енергетичної безпеки та системи цивільного захисту. Застосовувати при створенні комп'ютерних програм з моделювання, з метою виготовлення систем захисту з недопущення загорань, пожеж та вибухів при добуванні, використанні, та переробці твердих горючих копалин.

**Перспективи подальших досліджень.** Запропонований підхід оцінювання твердих горючих копалин, шляхом застосування розробленої нами методики переведення твердих горючих копалин через усереднений вуглецево-водневий показник, в умовний антрацит, може слугувати, як додатковим варіантом для оптимізації та удосконалення існуючих порядків класифікації, розроблення інтегрального хімічно-фізичного показника, так і для спонукання мотивації до пошуку нових підходів у вирішенні питань з удосконалення управління системи екологічної та енергетичної безпеки, одних із основних складових національної безпеки.

### Література

1 Дзядикевич Ю.В. Шляхи гарантування енергетичної безпеки України / Ю. В. Дзядикевич // Інноваційна економіка. – 2014. – № 3. – С. 25-30. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/inek\\_2014\\_3\\_3т](http://nbuv.gov.ua/UJRN/inek_2014_3_3т) (дата звернення: 25.02.2021).

2 Зур'ян О., Ляшок А. Показники запасів та видобування горючих корисних копалин в Україні з 2013 по 2018 роки з позицій технічного аналізу / Зур'ян О., Ляшок А. // Мінеральні ресурси України. 2019. – №3. – С. 30-39. – Режим доступу: <https://mru-journal.com.ua/index.php/mru/issue/view/3-2019> (дата звернення: 25.02.2021).

3 Олевська Т. В. Сировинна база твердих горючих копалин України / Т. В. Олевська, М. О. Канар // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія : Гірництво. – 2015. – Вип. 28. – С. 62-70. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKPI\\_gir\\_2015\\_28\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKPI_gir_2015_28_10) (дата звернення: 12.04.2021)

4 Саранчук В.І. Горючі корисні копалини. / В.І. Саранчук // Мала гірнича енциклопедія, т. 1 / За редакцією В.С.Білецького. – Донецьк: Донбас, 2004. – 640 с. – Режим доступу: <http://reposit.nupp.edu.ua/xmlui/handle/PoltNTU/964> (дата звернення: 12.04.2021).

5 Саранчук В.І., Ільяшов М.О., Ошовський В.В., Білецький В.С. // Основи хімії і фізики горючих копалин. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2008. – с. 640. – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/161786962.pdf> (дата звернення: 12.04.2021).

6 Саранчук В.І. Тверді горючі копалини. Мала гірнича енциклопедія В.І.Саранчук, М.О.Ільяшов, В.В. Ошовський, В.С.Білецький./ [за ред. В. С. Білецького]. – Донецьк : Східний видавничий дім, 2013. – Т. 3. – 644 с. – Режим доступу: <http://reposit.nupp.edu.ua/xmlui/handle/PoltNTU/964> (дата звернення: 12.04.2021).

7 Білецький В.С. Класифікація вугілля / В.С. Білецький, В.І. Саранчук // Мала гірнича енциклопедія, т. 1 / За редакцією В.С. Білецького. — Донецьк: Донбас, 2004. – 640 с. – Режим доступу: <http://reposit.nupp.edu.ua/xmlui/handle/PoltNTU/964> (дата звернення: 13.04.2021).

8 International Codification System for Medium and High Grade Coals // United Nations New York, 1988, С. 1-2. – Режим доступу: [https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/coal/1988\\_International\\_Codification\\_System\\_for\\_Medium\\_and\\_High\\_Rank\\_Coals\\_-\\_January\\_1988\\_R.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/coal/1988_International_Codification_System_for_Medium_and_High_Rank_Coals_-_January_1988_R.pdf) (дата звернення: 15.10.2022).

9 Einteilung der Kohlenarten – Режим доступу: <https://www.brand-feuer.de/index.php/Kohle> (дата звернення: 13.02.2023).

10 Повірений С.Ф. Методика визначення відкритої пористості та коефіцієнта стиснення пір у пластових умовах / С.Ф. Повірений, В. М. Абеленцев, А.І. Лур'є, Є.В. Піддубна // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія : Геологія. Географія. Екологія. – 2016. – Вип. 44. – С. 44-54. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKhG\\_2016\\_44\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKhG_2016_44_8) (дата звернення: (05.07.2021).

11 Рудько Г. І. РКООН-2009 як інструмент адаптації класифікації запасів і ресурсів корисних копалин України до світових стандартів звітності / Г. І. Рудько, І. Р. Михайлів // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2017. – № 4. – С. 7-18. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/rnng\\_2017\\_4\\_2](http://nbuv.gov.ua/UJRN/rnng_2017_4_2) (дата звернення: 05.07.2021).

12 Рудько Г. І. Управління ресурсами корисних копалин на основі рамкової класифікації ООН (національна класифікація запасів і ресурсів корисних копалин України) / Г. І. Рудько, В.І. Ловинюков, С.Ф. Литвинюк, О.В. Нецький // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ 2019. № 4(73) – С. 7-15. – Режим доступу: <https://rnng.nung.edu.ua/index.php/rnng/article/view/750/723> (дата звернення: 05.07.2021).

13 Бужин О.А. Управління продовольчою безпекою: потреба населення у харчових білках. / О.А. Бужин // Актуальні проблеми економіки. – 2014. – №8 (158). – С. 122-126.

14 Вовк В.М. Геологічний словник. Геологія корисних копалин. Петрологія. Торф. – Режим доступу: <https://geodictionary.com.ua/node/4228> (дата звернення: 19.02.2021).

15 Вовк В.М. Геологічний словник. Геологія корисних копалин. Петрологія. Буре вугілля. – Режим доступу: <https://geodictionary.com.ua/node/1884> (дата звернення: 19.02.2021).

16 Вовк В.М. Геологічний словник. Петрологія. Кам'яне вугілля. <https://geodictionary.com.ua/node/2760> (дата звернення: 19.02.2021).

17 Білецький В.С. Антрацит / В.С. Білецький // Мала гірнича енциклопедія, т. 1 / За редакцією В.С.Білецького. – Донецьк: Донбас, 2004. – 640 с. – Режим доступу: <http://geosit.nupr.edu.ua/xmlui/handle/PoltNTU/964> (дата звернення: 20.02.2021).

18 Вовк В.М. Геологічний словник. Петрологія. Антрацит. – Режим доступу: <https://geodictionary.com.ua/node/1748> (дата звернення: 20.02.2021).

19 Бурчак О.В. Парамагнітні властивості кам'яного вугілля як показники стану речовини / О.В. Бурчак // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. — Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2010. – Вып. 88. – С. 40-45. – Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/33475> (дата звернення: 12.03.2021).

**O. Buzhyn**

*DLC «Cherkasy Institute»*

*Interregional Academy of Personnel Management*

## ENVIRONMENTAL SAFETY MANAGEMENT – CLASSIFICATION METHOD OF SOLID COMBUSTIBLE FOSSILS

Environmental safety depends on the level of energy security development. Combustible minerals play a leading role in ensuring energy security. Solid combustible minerals make up a significant proportion in the total mass of combustible minerals. Currently, there is no single universal classification system for solid combustible minerals. Different countries use different systems for classifying coal by grade. At the same time, depending on the classification system, different sets of indicators are taken into account. The main energy accumulator in solid combustible minerals is carbon and a small amount of hydrogen. The energy of solid combustible minerals is directly dependent on the content of these chemical elements. To evaluate and compare different types of solid combustible minerals and their intraspecific differences, based on the presence of the optimal number of indicators of the main energy carriers, which are carbon and hydrogen, the conversion coefficient into conventional anthracite has been developed. The developed conversion coefficient of solid combustible minerals into conventional anthracite makes it possible to analyze the energy value of different types of solid combustible minerals, deposits, layers of solid combustible minerals, different grades of coal, operation of solid combustible mining enterprises, mining and processing enterprises, plants and factories processing solid combustible minerals, the state and prospects for the development of different levels of energy security. In the environmental safety system, the developed coefficient can be used in the development of computer simulation programs in creating protection systems to prevent combustion, fires and explosions in the extraction, use and processing of solid combustible minerals. The proposed option can serve as an additional variety to generalize and improve the existing classification systems, and to motivate to seek new approaches to further classification of solid combustible minerals.

**Keywords:** anthracite, peat, lignite, hard coal, conventional anthracite, average carbon-hydrogen index, conversion coefficient into conventional anthracite.

### References

1 Dzyadykevych YU.V. Puty harantuvannya enerhetychnoyi bezpeky Ukrainy / YU. V. Dzyadykevych // Innovatsiyna ekonomika. – 2014. – № 3. – S. 25-30. – Rezhym dostupu: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/inek\\_2014\\_3\\_3t](http://nbuv.gov.ua/UJRN/inek_2014_3_3t) (data zvernennya: 25.02.021).

2 Zur'yan O., Lyashok O. Pokaznyky zapasiv ta vydobuvannya horyuchykh korysnykh kopalyn v Ukraini z 2013 po 2018 roky z pozytsiy tekhnichnoho analizu / Zuryan O., Lyashok O. // Mineral'ni resursy Ukrainy. 2019. – №3. – S. 30-39. – Rezhym dostupu: <https://mru-journal.com.ua/index.php/mru/issue/view/3-2019> (data zvernennya: 25.02.2021).

- 3 Olevs'ka T. V. Syrovynna baza tverdykh horyuchykh kopalyn Ukrayiny / T. V. Olevs'ka, M. O. Kanar // Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu Ukrayiny "Kyyivs'kyu politekhnichnyy instytut". Seriya: Hirnystvo. – 2015. – Vip. 28. – S. 62-70. — Rezhym dostupu: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKPI\\_gir\\_2015\\_28\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKPI_gir_2015_28_10) (data zvernennya: 12.04.2021)
- 4 Saranchuk V.I. Horyuchi korysni kopalyny. / V.I. Saranchuk // Mala hirnycha entsyklopediya, t. 1 / Za redaktsiyeyu V.S.Bilets'k'ho. – Donets'k: Donbas, 2004. – 640 s. – Rezhym dostupu: <http://reposit.nupp.edu.ua/xmlui/handle/PoltNTU/964> (data zvernennya: 12.04.2021).
- 5 Saranchuk V.I., Ilyashov M.O., Oshovs'ky V.V., Bilets'ky V.S. // Osnovy khimiyi ta fizyky horyuchykh kopalyn. – Donets'k: Skhidnyy vydavnychyy dim, 2008. – s. 640. – Rezhym dostupu: <https://core.ac.uk/download/pdf/161786962.pdf> (data zvernennya: 12.04.2021).
- 6 Saranchuk V.I. Tverdi horyuchi kopalyny. Mala hirnycha entsyklopediya V.I.Saranchuk, M.O.Ilyashov, V.V. Oshovs'ky, V.S.Bilets'ky./[za red. V. S. Bilets'koho]. – Donets'k: Skhidnyy vydavnychyy dim, 2013. – T. 3. – 644 s. – Rezhym dostupu: <http://reposit.nupp.edu.ua/xmlui/handle/PoltNTU/964> (data zvernennya: 12.04.2021).
- 7 Bilets'ky V.S. Klasyfikatsiya vuhillya / V.S. Bilets'ky, V.I. Saranchuk // Mala hirnycha entsyklopediya, t. 1 / Za redaktsiyeyu V.S. Bilets'ky. - Donets'k: Donbas, 2004. - 640 s. – Rezhym dostupu: <http://reposit.nupp.edu.ua/xmlui/handle/PoltNTU/964> (data zvernennya: 13.04.2021).
- 8 International system of codification of medium and high rank coal // United Nations Organization New - York, 1-2 (as of 15.10.2022).
- 9 Einteilung der Kohlenarten – Rezhym dostupu: <https://www.brand-feuer.de/index.php/Kohle> (as of 13.02.2023).
- 10 Poviren' S.F. Metodyka vyznachennya vidkrytoyi porystosti ta koefitsiyenta stysnennya pir u plastovykh umovakh / S.F. Povirenyy, V. M. Abelentsev, A.I. Lur'ye, YE.V. Pidubna //Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho universytetu imeni V. N. Karazina. Seriya: Heolohiya. Heohrafiya. Ekolohiya. - 2016. - Vip. 44. - S. 44-54. – Rezhym dostupu: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKhG\\_2016\\_44\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKhG_2016_44_8) (data zvernennya: (05.07.2021).
- 11 Rud'ko H. I. RKOON-2009 yak instrument adaptatsiyi klasyfikatsiyi zapasiv ta resursiv korysnykh iskopayuchykh Ukrayiny do svitovykh standartiv zvitnosti / H. I. Rud'ko, I. R. Mykhayliv // Rozvidka ta rozrobka naftovykh ta hazovykh mestorozhdeny. – 2017. – № 4. – S. 7-18. – Rezhym dostupu: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/rrngr\\_2017\\_4\\_2](http://nbuv.gov.ua/UJRN/rrngr_2017_4_2) (data zvernennya: 05.07.2021).
- 12 Rud'ko H. I. Upravlinnya resursamy korysnykh kopalyn na osnovi ramkovoyi klasyfikatsiyi OON (natsional'na klasyfikatsiya zapasiv ta resursiv korysnykh kopalyn Ukrayiny) / D I. Rud'ko, V.I. Lovinyukov, S.F. Lytvynuk, O.V. Nets'ky // Rozvidka ta rozrobka naftovykh ta hazovykh rodovyshch 2019. № 4(73) – S. 7-15. – Rezhym dostupu: <https://rrngr.nung.edu.ua/index.php/rrngr/article/view/750/723> (data zvernennya: 05.07.2021).
- 13 Buzhyn O.A. Upravlinnya prodovol'choyu bezpekoyu: potreba naseleennya u kharchovykh bilkakh. / O.A. Buzhyn // Aktual'ni problemy ekonomiky. – 2014. – №8 (158). - S. 122-126.
- 14 Vovk V.M. Heolohichnyy slovnyk. Heolohiya korysnykh kopalyn. Petrolohiya Torf. – Rezhym dostupu: <https://geodictionary.com.ua/node/4228> (data zvernennya: 19.02.2021).
- 15 Vovk V.M, Heolohichnyy slovnyk. Heolohiya korysnykh kopalyn. Petrolohiya Bure vuhillya. – Rezhym dostupu: <https://geodictionary.com.ua/node/1884> (data zvernennya: 19.02.2021).
- 16 Vovk V.M. Heolohichnyy slovnyk. Petrolohiya Kam'yani vuhillya. <https://geodictionary.com.ua/node/2760> (data zvernennya: 19.02.2021).
- 17 Bilets'ky V.S. Anratsyt/V.S. Bilets'ky // Mala hirnycha entsyklopediya, t. 1 / Za redaktsiyeyu V.S.Bilets'k'ho. – Donets'k: Donbas, 2004. – 640 s. – Rezhym dostupu: <http://reposit.nupp.edu.ua/xmlui/handle/PoltNTU/964> (data zvernennya: 20.02.2021).
- 18 Vovk V.M. Heolohichnyy slovnyk. Petrolohiya Anratsyt. – Rezhym dostupu: <https://geodictionary.com.ua/node/1748> (data zvernennya: 20.02.2021).
- 19 Burchak O.V. Paramahnitni vlastyosti kam'yanoho vuhillya yak pokaznyky stanu rechovyny / O.V. Burchak// Heotekhnichna mekhanika: Mizhvid. zb. nauk. tr. - Dnipropetrovs'k: IHTM NANU, 2010. – Vip. 88. – S. 40-45. – Rezhym dostupu: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/33475> (data zvernennya: 12.03.2021).