

Гальченко А.М., Чумак В.О., Топчій О.Є., Гонцул М.В., Захарова А.І

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШАХТОПЛАСТІВ ЗА ГЕНЕТИЧНИМИ І ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ВУГІЛЛЯ

*Розробка вугільних родовищ підземним способом характеризується одним із найвищих рівнів ризику щодо безпеки та охорони здоров'я працівників. Поява нових технологій, значні вкладення капіталу, безперервне навчання та зміни щодо охорони праці серед учасників виробничого процесу вдалося досягти значних та стійких змін на краще. Проведено аналіз нормативної бази України з видобутку викопного твердого палива, який показав, що існують протиріччя у параметрах, що характеризують достовірність прогнозу прояву небезпечних властивостей шахтопластів під час проведення гірничих робіт та не виключає можливості виникнення аварійних ситуацій при повному виконанні профілактичних заходів. Базою для встановлення небезпечних властивостей шахтопластів є середній показник відбиття вітриніту, вміст окремих компонентів в органічній масі, зміна вмісту вологи та мінеральних домішок. Ці класифікаційні показники мають кількісну оцінку в усьому ряду ступеня метаморфізму вугілля. Додатковим класифікаційним показником виявлення небезпечних властивостей антрацитів може бути логарифм питомого електроопору та інші допоміжні показники, після обґрунтування їх застосування в окремих діапазонах низки метаморфізму. Встановлено, що широкий діапазон зміни показника відображення вітриніту для антрацитів характеризує значні зміни в структурі і властивостях викопного палива. Ці особливості зміни антрацитів у процесі метаморфізму практично не встановлені класифікацією за генетичними та технологічними параметрами.*

**Ключові слова:** метаморфізм, ендегенна пожежа, геолого-генетичні фактори, елементний склад

**Актуальність дослідження.** Відпрацювання шахтопластів у багатьох випадках під час гірничих робіт ускладнюється проявом небезпечних властивостей вугілля. До небезпечних властивостей відносяться газоносність вугілля, газодинамічні явища, самозаймистість вугілля, вибуховість вугільного пилу та підвищена здатність вугілля до пилоутворення. Такі властивості вугілля при виникненні певних умов відпрацювання шахтопластів можуть призводити до аварій у підземних умовах з важкими наслідками. Прояв небезпечних властивостей вугілля під час гірничих робіт обумовлено впливом низки генетичних, гірничо-геологічних і гірничотехнічних чинників. Вони представляють, з одного боку, якісно-кількісний склад вугілля, з іншого – гірничо-технічні умови відпрацювання шахтопластів. Одну з головних ролей у прояві небезпечних властивостей шахтопластів відіграють генетичні та технологічні особливості викопного вугілля. Вони сформувалися внаслідок тривалих геологічних перетворень органічної маси під впливом тиску та температури при метаморфічних процесах. У загальному випадку під метаморфізмом розуміються різноманітні ендегенні процеси, з якими пов'язані зміни у структурі, властивостях, органічному та мінеральному складі.

У нормативній базі України, що регламентує безпечне відпрацювання вугільних пластів [1-3], для характеристики метаморфічних процесів окремо застосовується лише кілька класифікаційних показників. Головною з яких є вихід летких речовин при термічному розкладанні вугілля без доступу повітря ( $V^{daf}$ ). За фізичним змістом параметр  $V^{daf}$ , певною мірою характеризує лише елементний склад вугілля. Додатково для характеристики антрацитів застосовується об'ємний вихід летких речовин  $V_v^{daf}$  або логарифм питомого електроопору  $lg \rho$ .

При віднесенні пластів до загрозованих по раптовим викидам вугілля та газу застосовується, нібито комплексний, показник ступеня метаморфізму  $M$  [1]. Показник  $M$  ступеня метаморфізму апіорі не може комплексно характеризувати, повною мірою, все різноманіття зміни елементного складу, структуру та властивості вугілля в усьому ряду їх метаморфічного перетворення. Це пояснюється такими причинами:

- вихід летких речовин являє собою загальну відсоткову кількість газів, що виділилися з наважки вугілля. До газів термічного розкладання вугілля без доступу повітря відносяться водень, метан, окис вуглецю та вуглекислий газ. Співвідношення між цими газами не залишається незмінним залежно від  $V^{daf}$  [4]. Ця обставина не враховується показником  $V^{daf}$ ;

- за своєю суттю  $V^{daf}$  лише частково та різною мірою характеризує його кореляційні зв'язки з основними складовими ( $C_0$ ,  $O_0$ ,  $H_0$ ,  $N_0$ ) органічної маси [4,5];

- як класифікаційний показник  $V^{daf}$  не відбиває зміну елементного складу органічної маси в усьому ряду ступеня метаморфізму вугілля. Він не застосовується для характеристики складу та властивостей антрацитів. Тому при оцінці небезпечних властивостей вугілля замість  $V^{daf}$  використовують додаткові показники  $V_v^{daf}$  або  $lg \rho$ . [1,2], які не використовують для визначення  $M$ ;

- класифікаційні показники  $V^{daf}$  та  $u$  відображають різні аспекти перетворення вугілля при метаморфічних процесах. З цієї причини  $M$  оцінюється в умовних одиницях (у.о.). До цього часу не встановлена тіснота кореляційного зв'язку показника  $M$  із зміною елементного складу вугілля та його фізико-механічними та хімічними властивостями.

Наведені факти свідчать, що при прогнозуванні небезпечних властивостей копалин вугілля в нормативних документах [1-3], без належного наукового обґрунтування, ставиться знак рівності між показниками ( $V^{daf}$ ,  $M$ ) та ступенем їх метаморфізму. Ця обставина може суттєво впливати на достовірність прогнозу прояву небезпечних властивостей шахтопластів під час проведення гірничих робіт та не виключає можливості виникнення аварійних ситуацій при повному виконанні профілактичних заходів.

Враховуючи ситуацію, що склалася в питанні оцінки нормативною базою України, прояви небезпечних властивостей вугілля, достовірне визначення ступеня метаморфізму з позицій забезпечення безпечних умов ведення гірничих робіт є актуальною проблемою.

**Результати та їх обговорення.** Відомо більше двадцяти класифікаційних показників [4÷8], що характеризують зміну складу та властивостей вугілля під впливом метаморфічних процесів. При розробці класифікацій за генетичними та технологічними параметрами для промислового використання вугілля застосовувалося шість-сім [4,9] і в даний час застосовується десять [10] класифікаційних показників. Накопичений досвід застосування промислових класифікацій та наявні експериментальні дані [4-10] дають можливість розглянути розробку класифікації небезпечних властивостей шахтопластів за генетичними та технологічними показниками вкопного вугілля із залученням необхідної кількості показників. Це дозволить удосконалити вимоги нормативних документів [1-3] щодо прогнозу небезпечних властивостей шахтопластів. Для промислових класифікацій вугілля [4, 9, 10] прийнято різну кількість класифікаційних показників. У кожній класифікації група основних показників відрізняється між собою.

При розробці геолого-вуглехімічної карти Донецького басейну [4] таку групу склали такі параметри: вміст кисню ( $O_0$ ) та вуглецю ( $C_0$ ) в органічній масі, теплота згоряння на вологий беззольний стан ( $Q_S^{daf}$ ), товщина пластичного шару ( $y$ ), вихід смоли напівкоксування на сухий беззольний стан ( $T_{SK}^{daf}$ ) та механічна міцність по копру ( $\Pi_k$ ).

Дещо інший підхід до вибору класифікаційних показників був застосований при визначенні якості кам'яного вугілля [9]. До групи параметрів увійшли: марки вугілля (Д, Г, ГЖ, Ж, КЖ, К, К2, ОС, СС, П), стадія метаморфізму (шість стадій від I до VI), вологоємність на беззольний стан ( $W^{daf}$ ), вихід летких речовин на сухий беззольний стан ( $V^{daf}$ ), товщина пластичного шару ( $y$ ), вища теплота згоряння ( $Q_S^{daf}$  та  $Q^r$ ).

При розробці ГОСТу класифікації вугілля за генетичними та технологічними параметрами [10] в якості основних використано десять показників: середнє відображення вітриніту ( $R_o$ ), вища теплота згоряння на вологий беззольний стан ( $Q_S^{daf}$ ), вихід летючих речовин на сухий беззольний стан ( $V^{daf}$ ), максимальна вологоємність на беззольний стан ( $W_{max}^{daf}$ ), сума фюзенізованих компонентів на чисте вугілля ( $\sum OK$ ), вихід смоли напівкоксування на сухий беззольний стан ( $T_{SK}^{daf}$ ), товщина пластичного шару ( $y$ ), показник вільного спучування ( $SI$ ), об'ємний вихід речовин на сухий беззольний стан ( $V_v^{daf}$ ) та показник анізотропії відбиття вітриніту ( $A_R$ ). Враховуючи спрямованість застосування промислових класифікацій [4, 9, 10], в якості загальних основних показників прийняті лише два – вища теплота згоряння на вологий беззольний стан ( $Q_S^{daf}$ ) і товщина пластичного шару ( $y$ ). Слід очікувати, що ці показники, з умов їх отримання, не можуть бути основними для характеристики метаморфічних процесів. Вони безпосередньо впливають на прояв небезпечних властивостей вугілля. При додатковому обґрунтуванні вони можуть бути використані для цілей, що розглядаються, в окремих діапазонах ряду ступеня метаморфізму.

Базою для встановлення небезпечних властивостей вугілля в усьому ряду ступеня їх метаморфізму можуть бути вміст вуглецю в органічній масі та середній показник відбиття вітриніту. Обидва ці показники мають чисельні значення для оцінки ступеня перетворення вугілля на всіх стадіях прояву метаморфізму. За елементним змістом вуглецю можна робити висновки про наявність суми інших компонентів органічної маси, а по значенню  $R_o$  – про можливу зміну властивостей вугілля на різних стадіях їх перетворення.

У класифікації за генетичними та технологічними параметрами [10] використано більшу, порівняно з іншими класифікаціями, кількість показників. З цієї причини методикою досліджень передбачили аналіз принципів її побудови та встановлення можливості застосування тих чи інших показників для розробки класифікації небезпечних властивостей шахтопластів.

За десятьма класифікаційними показниками вугілля ділять [10] на види, марки, групи, підгрупи, типи та підтипи. Поділ вкопного вугілля на види проводиться за різним поєднанням трьох показників  $R_o$ ,  $Q_S^{daf}$  і  $V^{daf}$ :

буре вугілля -  $R_{o,r} < 0,59\%$ ,  $Q_S^{daf} < 24$  мДж/кг;

кам'яне вугілля -  $0,40 < R_o < 2,59\%$ ,  $Q_S^{daf} = 24$  мДж/кг і більше,  $V^{daf} > 8\%$ ;

антрацити -  $R_o = 2,20\%$  і більше,  $V^{daf} < 8\%$ .

Найменший діапазон зміни основного показника  $R_o$  встановлений для бурого вугілля – менше 0,60%, для кам'яного вугілля він становить 0,40÷2,59%, а для антрацитів – від 2,20% та більше 5,00%. Чіткі межі між видами палива за основним показником становить 0,20%, а між кам'яним вугіллям та антрацитами – він майже вдвічі більше – 0,39%.

Відповідно до основного та допоміжних показників виділено 17 марок вугілля (Б, Д, ДГ, Г, ГЖО, ГЖ, Ж, КЖ, К, КО, КСН, КС, ОС, ПС, СС, П, А). У свою чергу марки вугілля розділені на 27 груп та 44 підгрупи. Для різних видів вугілля значення показника  $\sum OK$  мало відрізняється при встановленні категорій. Майже завжди

величина  $\Sigma OK$  становить до 39 або більше 40%. Винятки є для груп вугілля 2Г, 1ГЖ, 2ГЖ і марки КЖ, для них  $\Sigma OK$  може набувати значення менше 10% і від 10 до 69 і більше відсотків. Враховуючи таку невизначеність зміни  $\Sigma OK$  для зазначеного вугілля, за допомогою його практично неможливо виділити будь-які небезпечні властивості вугілля та шахтопластів. Поділ бурого вугілля на типи за максимальною вологоємністю на беззолний стан ( $W_{max}^{daf}$ ) зроблено в широкому діапазоні зміни показника. Для групи 1Б значення  $W_{max}^{daf}$  приймається більше 60%, для групи 2Б - 30÷50%, для групи 3Б - до 30, це ствердження показує що він має важливе значення для визначення небезпечних властивостей шахтопластів кам'яного вугілля та антрацитів. При розробці класифікації виявлення небезпечних властивостей вміст вологи, як і наявність мінеральних домішок, необхідно розглядати у всьому діапазоні ряду метаморфізму вугілля.

Показник  $V^{daf}$  достатньо характеризує типи кам'яного вугілля, але є деякі невизначеності у визначенні меж підгруп і груп. Наприклад, для вугілля групи 1Г підгрупи 1ГВ не визначено верхнє значення параметра. Для даного випадку  $V^{daf} = 38\%$  і вище. Такий підхід до визначення меж зміни збережений для багатьох марок, груп, підгруп та класів. При розробці класифікації вугілля щодо виявлення їх небезпечних властивостей цей недолік бажано усунути. Перевага застосування показника для будь-яких цілей полягає в його достатньої вивченості в частині кореляційних зв'язків з іншими показниками. Встановлено високі парні коефіцієнти кореляції ( $r$ )  $V^{daf}$  з  $R_o$  ( $r = -0,883$ ) та складовими елементами органічної маси  $C^{daf}$  ( $r = -0,902$ ),  $H^{daf}$  ( $r = 0,798$ ),  $O^{daf}$  ( $r = 0,839$ ) [11]. Це дає можливість більш детального вивчення впливу інших чинників на ступінь метаморфізму кам'яного вугілля.

Об'ємний вихід летючих речовин на сухий беззолний стан дуже невизначено характеризує марки, групи та підгрупи антрацитів. Для антрацитів підгрупи 1АВ  $V_v^{daf}$  становить понад 200 см<sup>3</sup>/г, для 1АФ, 2АВ, 2АФ - 100÷150 см<sup>3</sup>/г та вище. Статистична обробка [5] експериментальних даних [4, 12, 13] показала, що діапазон зміни  $V_v^{daf}$  становить 50÷300 см<sup>3</sup>/г. Це свідчить про необхідність застосування додаткових показників для характеристики небезпечних властивостей антрацитів. Наприклад, логарифм питомого електроопору кореляційно пов'язаний ( $r = 0,84 - 0,91$ ) з природною газоносністю пластів [5, 14], а при  $lg \rho < 2,5$  газоносність антрацитів відсутня. У цілому нині необхідно вивчення додаткових класифікаційних показників задля встановлення небезпечних властивостей антрацитів у досить широкому діапазоні (2,20÷5,00% і вище) зміни показника  $R_o$ .

Вихід смоли напівкоксування на сухий беззолний стан ( $T_{SK}^{daf}$ ) не дає певних рекомендацій для поділу бурого вугілля на підтипи. Можливість його застосування виявлення небезпечних властивостей вимагає додаткового вивчення. Товщина пластичного шару використовується для поділу кам'яного вугілля на підтипи. У ряду ступені метаморфізму в залежності від  $V^{daf}$  змінюється неоднозначно [4, 5]. При зменшенні  $V^{daf}$  приблизно до 30% значення у збільшується від нуля до 14 ÷ 37 мм. При подальшому скороченні  $V^{daf}$  до 17 ÷ 11% показник у зменшується до нуля. Враховуючи характер зміни, цей показник можна застосувати для встановлення небезпечних властивостей шахтопластів.

Показник вільного спучування має чисельне визначення для обмеженої кількості підтипів вугілля при 6 мм. До них відносяться вугілля марок Д, ПС, СС та П. Цей показник встановлює певні властивості кам'яного вугілля при  $R_o = 0,40 \div 0,79\%$  для марки Д та марок ПС, СС, П при  $R_o = 0,70 \div 2,59\%$ . Серед метаморфізму між цими марками є ДГ, Г, ГЖО, ГЖ, КЖ, К, КО, КСН, КС, ОС. Їх чисельне значення показника  $SI$  відсутнє. Це вказує на необхідність більш детального вивчення можливого впливу  $SI$  на небезпечні властивості кам'яного вугілля. Підтвердженням цьому є висновки [15] про те, що марочна класифікація вугілля [10] не забезпечує поділ вугілля за споживчими властивостями, але головне - марки не відображають коксівні властивості вугілля.

Показник анізотропії відбиття вітриніту ( $A_p$ ) не дає можливості розділити антрацити із зазначенням нижньої та верхньої межі при зміні основного показника  $R_o$  в інтервалі 2,20 ÷ 4,50% і вище. Виходячі з широких меж зміни для антрацитів впливає, що вони зазнають значних змін у своїй структурі та властивостях. Ці особливості зміни антрацитів у процесі з метаморфізму практично не встановлені класифікацією за генетичними та технологічними параметрами [10].

**Висновки.** Проведені дослідження дозволили зробити висновки щодо можливості створення класифікації небезпечних властивостей шахтопластів за генетичними та технологічними показниками вугілля:

- під метаморфічними процесами перетворення вугілля при визначенні небезпечних властивостей шахтопластів необхідно розглядати різноманітні ендегенні процеси, пов'язані зі зміною в структурі, властивостях, органічному та мінеральному складі корисних копалин. Такі зміни у вкопному вугіллі не можна достовірно встановити за допомогою одного-двох класифікаційних показників, як це прийнято у нормативних документах України щодо безпечного ведення гірничих робіт;

- у нормативній базі для встановлення небезпечних властивостей пластів кам'яного вугілля використовується за фактом один класифікаційний показник – масовий вихід летких речовин при термічному розкладанні вугілля без доступу повітря. Застосовуючи цей показник неможливо встановити зміну властивостей антрацитів. Для характеристики антрацитів в іншому інтервалі ряду ступеня метаморфізму в нормативних документах використано об'ємний вихід летких речовин або логарифм питомого електроопору;

- масовий вихід летких речовин як класифікаційний параметр не враховує співвідношення газів, що виділяються при термічному розкладанні вугілля. Цей показник лише частково корелює із основними складовими органічної маси;

- базою для встановлення небезпечних властивостей шахтопластів є середній показник відбиття вітриніту, вміст окремих компонентів в органічній масі, зміна вмісту вологи та мінеральних домішок. Ці класифікаційні показники мають кількісну оцінку в усьому ряду ступеня метаморфізму вугілля;

- додатковим класифікаційним показником виявлення небезпечних властивостей антрацитів може бути логарифм питомого електроопору та інші допоміжні показники, після обґрунтування їх застосування окремих діапазонах низки метаморфізма.

## Література

1. СОУ 10.1.00174088.011 – 2005. Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям. Издание официальное. Минуглепром Украины. К.: 2005 221с.
2. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. К.: Основа. 1994. 311с.
3. Руководство по борьбе с пылью в угольных шахтах. М.: Недра. 1979. 319с..
4. Геолого-углехимическая карта Донецкого бассейна. ДонУГИ Вып.VII М.: Углетехиздат. 1954. 430с..
5. Антощенко Н.И., Шепелевич В.Д. Метан в угольных пластах от образования до выделения. Алчевск: ДонГТУ. 2006. 267с..
6. Гапеев А. А. Твердые горючие ископаемые (каустобиолиты) М.: Государственное издательство геологической литературы. 1949. 335с.
7. Саранчук В. И., Айруни А. Т., Ковалев К. Е. Надмолекулярная организация, структура и свойства угля. Киев : Наук. думка, 1988. 192с.
8. Тайц Е. М., Андреева И. А. Методы анализа и испытания углей М. : Недра, 1983. 301 с.
9. Миронов К. В. Справочник геолога-угольщика. М.: Недра. 1982. 311с.
10. ГОСТ 25543-2013. Межгосударственный стандарт. Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам. Издание официальное. М.: Стандарт-информ. 2014. 19с.
11. Antoshchenko M., Tarasov V., Zakharova O., Zolotarova O., Petrov A. Analysis of metamorphism and tendency of black coals to spontaneous combustion / Technology audit and production reserves. 2019. Т. 6, N 1(50). pp. 18-25. DOI : 10.15587/2312-8372.2019.191902.
12. Желдаков М.Е., Иванова Е.И. Справочник по качеству антрацитов Советского Союза. М.: Недра. 1980. 99с.
13. Вялов В.И. Качества и свойства антрацитов основных угольных бассейнов и месторождений СНГ и их рациональное использование. М.: АО «Геоинформмарк». 1994. С.1-74.
14. Antoshchenko M., Filatieva E., Yefimtsev V., Tarasov V. Peculiarities of using classification indicators of the coal metamorphism degree for predicting the hazardous coal seams properties / E3S Web of Conferencess 201, 01014 (2020). 1-10. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020101014>.
15. Tarasov V., Antoshchenko M. et al. Metamorphism Indicators for Establishing the Endogenic Fire Hazard of Coal Mining Plants in Mining / International Journal of Environmental Science and Development 2021 vol. 12, no. 8, pp. 242-248.

## References

1. SOU 10.1.00174088.011 – 2005. Pravila vedeniya gornyh rabot na plastah, sklonnyh k gazodinamicheskim yavleniyam. (2005) Minugleprom Ukrainy, 221.
2. Rukovodstvo po proektirovaniyu ventilyacii ugolnyh shaht. (1994) K.: Osnova. 311.
3. Rukovodstvo po borbe s pylyu v ugolnyh shahtah. (1979) M.: Nedra. 319.
4. Geologo-uglehimicheskaya karta Doneckogo bassejna. (1954). M.: Ugletehizdat. DonUGI, VIII, 430.
5. Antoshenko, N.I., Shepelevich, V.D. (2006) Metan v ugolnyh plastah ot obrazovaniya lo vydeleniya. Alchevsk: DonGTU, 267.
6. Gapeev, A. A. (1949). Tverdye goryuchie iskopaemye (kaustobiolity). M.: Gosudarstvennoe izdatelstvo geologicheskoy literatury. 335.
7. Saranchuk, V. I., Ajruni, A. T., & Kovalev, K. E. (1988). Nadmolekulyarnaya organizaciya, struktura i svojstva uglya. Kiev: Naukova dumka, 192..
8. Tajc, E.M., Andreeva, I.A. (1983) Metody analiza i ispytaniya uglej. M.: Nedra. 301s.
9. Mironov, K.V. (1982) Spravochnik geologa-ugolshika. M.: Nedra, 311.
10. GOST 25543-2013. Mezhhgosudarstvennyj standart. Ugli burye, kamennye i antracity. Klassifikaciya po geneticheskim i tehnologicheskim parametram. (2014) M.: Standart-inform. 19.
11. Antoshchenko M., Tarasov V., Zakharova O., Zolotarova O., Petrov A. Analysis of metamorphism and tendency of black coals to spontaneous combustion / Technology audit and production reserves. 2019. Т. 6, N 1(50). pp. 18-25. DOI : 10.15587/2312-8372.2019.191902
12. Zheldakov, M. E., & Ivanova, È. I. (1980). Spravochnik po kachestvu antracitov Sovetskogo Soyuz. Nedra, 99,.

13. Vyalov, V. (1994). Kachestva i svojstva antracitov osnovnyh ugolnyh bassejnov i mestorozhdenij SNG i ih racionalnoe ispolzovanie. Obzornaya informaciya. Geologiya, metody poiskov, razvedki i ocenki mestorozhdenij toplivno-energeticheskogo syrya, (6), 1-74.
14. Antoshchenko M., Filatieva E., Yefimtsev V., Tarasov V. (2020) Peculiarities of using classification indicators of the coal metamorphism degree for predicting the hazardous coal seams properties, E3S Web of Conferencess 201, 01014. 1-10. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020101014>.
15. Tarasov V., Antoshchenko M. et al. (2021) Metamorphism Indicators for Establishing the Endogenic Fire Hazard of Coal Mining Plants in Mining, International Journal of Environmental Science and Development, 12 (8), 242-248.

*Underground coal mining has one of the highest levels of risk in terms of worker safety and health. New technologies, significant capital investments, continuous learning and changes in health and safety among the participants in the production process have made significant and lasting changes for the better. The analysis of the regulatory framework of Ukraine for the extraction of fossil solid fuels was carried out, which showed that there are contradictions in the parameters characterizing the reliability of the forecast for the manifestation of hazardous properties of mine layers during mining and does not exclude the possibility of emergencies with the full implementation of preventive measures. The basis for the determination of the hazardous properties of mines are the average reflectance of vitrinite, the content of individual components in the organic mass, changes in the content of moisture and mineral impurities. These classification indicators are quantified in the entire range of coal metamorphism degrees. An additional classification indicator for identifying the hazardous properties of anthracites can be the logarithm of electrical resistivity and other auxiliary indicators, after justifying their use in certain ranges of a number of metamorphisms. It was found that the existing wide range of changes in the vitrinite reflectance for anthracites characterizes significant changes in the structure and properties of fossil fuels. These features of the change in anthracite in the process of metamorphism are practically not established by classification according to genetic and technological parameters.*

**Keywords:** metamorphism, spontaneous fire, geological and genetic factors, elemental constituents

**Гальченко А.М.** к.т.н., старший викладач кафедри фармації, виробництва та технології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, e-mail: [galchenko@snu.edu.ua](mailto:galchenko@snu.edu.ua)

**Чумак В.О.** старший викладач кафедри фармації, виробництва та технології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, e-mail: [chumak@snu.edu.ua](mailto:chumak@snu.edu.ua)

**Топчій О.Є.**, аспірант кафедри фармації, виробництва та технології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, e-mail: [asp-263-21-987@snu.edu.ua](mailto:asp-263-21-987@snu.edu.ua)

**Гонцул М.В.**, здобувач вищої освіти ОП «Гірництво», Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, e-mail: [gir-21dm-634@snu.edu.ua](mailto:gir-21dm-634@snu.edu.ua)

**Захарова А.І.**, здобувач вищої освіти ОП «Філологія. Германські мови та літератури (переклад включно), перша – англійська», Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, e-mail: [amp-18d-29@snu.edu.ua](mailto:amp-18d-29@snu.edu.ua)