

© Є.С. Руднєв¹, В.А. Гальченко¹, Е.М. Філатьєва¹, М.І. Антощенко¹

¹ Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Северодонецьк, Україна

ЕЛЕМЕНТНИЙ ВМІСТ ВОДНЮ І ПРОГНОЗ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВУГІЛЬНИХ ШАХТОПЛАСТІВ

© Ye. Rudniev¹, V. Galchenko¹, E. Filatieva¹, M. Antoshchenko¹

¹ Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Sievierodonetsk, Ukraine

ELEMENTAL HYDROGEN CONTENT AND FORECAST OF HAZARDOUS PROPERTIES OF COAL SEAMS

Мета. Встановити вплив мінеральних домішок та вологи на точність визначення водню у вугіллі, стан якого наближений до умов ведення гірничих робіт. Ідея полягає у розгляді можливості використання експериментальних даних про вміст водню на суху беззольну масу для прогнозу небезпечних властивостей шахтопластів після перерахунку значень вмісту водню з поправками на вміст мінеральних домішок та загальної (пластової) вологи.

Методика дослідження полягає в тому, що споживчі якості твердого палива визначені на підставі аналітичних проб, доведених до повітряно-сухого стану (аналітичний стан). Результати, виражені на інші стани палива, є розрахунковими. Перерахунок проводять виходячи із зольності, вологості та вмісту мінеральної маси.

Результати дослідження. Наявність у пластових пробах природного вмісту мінеральних домішок та загальної вологи суттєво впливають на результати перерахунку вмісту водню на робочий стан вугілля. Значне відхилення індивідуальних значень від усереднюючої прямої не дозволяють використовувати усередненні значення вмісту водню, що перераховані на робочий стан вугілля для визначення небезпечних властивостей конкретного шахтопласту. Розгляд зв'язку між компонентами після їх приведення до робочого стану вугілля на підставі фактичної пластової зольності та загальної вологості привів до перерозподілу впливу факторів на вміст водню. Природна випадкова присутність мінеральних домішок та різне значення загальної вологи у пластових пробах усунули монопольну метаморфічну залежність вмісту водню в органічній сухій беззольній масі від вуглецю.

Наукова новизна. Вперше встановлений протилежний характер зміни вмісту водню від вуглецю для окремих сукупностей шахтопластів. При розгляді проб вугілля на сухий беззольний стан спостерігається зниження вмісту водню по мірі посилення метаморфічних перетворень, а при аналізі пластових проб - навпаки, посилення метаморфізму викликає прямо-пропорційне зростання вмісту водню у трьох характерних зонах.

Практичне значення. Результати досліджень необхідні для вдосконалення нормативної бази з безпечного відпрацювання вугільних шахтопластів, оскільки при її розробці використані показники ступеня метаморфізму, що віднесені на сухий беззольний стан.

Ключові слова: шахтопласти, вугілля, вміст, метаморфізм, водень, проба, стан, властивості, розбіжності, гірничі роботи, безпека, нормативна база, удосконалення.

Вступ. Прояв небезпечних властивостей вугільних шахтопластів відбуваються під час проведення гірничих робіт. Вони полягають у виділенні вибухонебезпечних газів, раптових викидів вугілля та газу, виникненні вогнищ самозаймання

вугілля, вибуховості вугільного пилу та деяких інших негативних явищах, які у багатьох випадках закінчуються аваріями з важкими наслідками для працюючих.

В даний час існує однозначна думка, що прояв небезпечних властивостей шахтопластів пов'язаний зі ступенем їх метаморфічних перетворень у минулі геологічні періоди. Під метаморфізмом згідно з офіційно прийнятим визначенням [1] розуміється перетворення бурого вугілля послідовно на кам'яне вугілля та антрацит внаслідок зміни хімічного складу, структури та фізичних властивостей у надрах Землі переважно під впливом температури та тиску. Попри таке визначення у всіх чинних нормативних документах України щодо безпечного ведення гірничих робіт [2-11] не використовуються показники, що безпосередньо характеризують зміни в елементному складі вугілля під впливом метаморфічних процесів. Тому вплив елементного складу вугілля на прояв небезпечних властивостей залишається практично не вивченим. Зміна елементного складу органічної (горючої) маси в процесі геологічних процесів встановлена для більшості вугільних шахтопластів Донецького та Львівсько-Волинського басейнів при визначенні споживчих властивостей вугілля [12]. Органічна (горюча) маса, що характеризує споживчі якості, проходить попередню підготовку. Вона полягає в збагаченні вугілля і видаленні їх зовнішньої вологи.

Тверде паливо всіх видів містить, крім органічної (горючої) маси, домішки мінеральних речовин. При спалюванні палива його органічна маса видалається як CO_2 та H_2O , а мінеральні компоненти, піддаючись ряду перетворень, утворюють зола. Зола – неорганічний залишок після повного згоряння вугілля [13]. Метою збагачення є зниження виходу золи. Процесам збагачення, як правило, піддаються вугілля з виходом золи понад 10%.

Волога зовнішня – частина загальної вологи палива, що видалається при його висушуванні до повітряно-сухого стану. Для характеристики вологості вугілля в цілому (вологовміст вугілля) використовують термін "загальна волога" – загальний вміст зовнішньої вологи та вологи повітряно-сухого палива. При висушуванні вугілля на повітрі видалається вільна волога із зовнішньої поверхні шматків і капілярна волога з відкритих тріщин і пор (зовнішня волога). У повітряно-сухому вугіллі залишаються капілярна волога закритих пор, адсорбційна та гідратна волога. При висушуванні подрібненого вугілля при $105^{\circ}C$ видалається капілярна волога з пор, розкритих при подрібненні, і адсорбційна волога [13]. Для того щоб правильно оцінити результати аналізу вугілля для встановлення його споживчих властивостей, необхідно знати вологість проби, в якій проводиться визначення показників. З цією метою запроваджено поняття "волога аналітичної проби", тобто вміст вологи у пробі крупністю менше 212 мкм (0,2 мм).

З розглянутого аналізу слідує, що наведені у довіднику [12] показники, враховуючи методики їх визначення, не мають безпосереднього відношення до прояву небезпечних властивостей шахтопластів під час гірничих робіт у підземних умовах. Вони характеризують лише одну частину сухої беззолної органічної (горючої) складової вугілля. Частка мінеральних домішок, судячи з виходу золи, у ряді випадків може перевищувати 40% [12], що безсумнівно може відображатися на прояві небезпечних властивостей шахтопластів. Показники елементного

складу органічної (горючої) маси визначаються без розгляду вмісту вологи, від якої багато в чому залежать фізико-механічні та фізико-хімічні властивості вугільних шахтопластів. Один із основних елементів, який може впливати на прояв небезпечних властивостей шахтопластів, є водень. Він міститься як в органічній, так і мінеральній масі палива.

Ідея полягає у розгляді можливості використання експериментальних даних про вміст водню на суху беззольну масу [12] для прогнозу небезпечних властивостей шахтопластів після перерахунку значень вмісту водню з поправками на вміст мінеральних домішок та загальної (пластової) вологи.

Мета – встановити вплив мінеральних домішок та вологи на точність визначення вмісту водню в умовах, наближених до умов ведення гірничих робіт.

Методика полягає в тому, що споживчі якості твердого палива визначені на підставі аналітичних проб, доведених до повітряно-сухого стану (аналітичний стан). Результати, виражені на інші стани палива, є розрахунковими. Перерахунок проводять виходячи із зольності, вологості та вмісту мінеральної маси [13, 14].

У цьому випадку формулами для перерахунку є:

- із сухого беззольного стану:

$$H^r = H_{\Gamma} \cdot \frac{100 - (W_t^r + A^r)}{100}, \% ; \quad (1)$$

- з органічної маси:

$$H^r = H_{\Gamma} \cdot \frac{100 - (W_t^r + MM^r)}{100}, \% ; \quad (2)$$

де H_{Γ} - вміст водню у горючій масі, %; H^r – вміст водню для робочого стану палива, %; W_t^r - загальна волога для робочого стану палива, % A^r – зольність проби, %; MM^r – мінеральна маса для робочого стану, %.

Загальну вологу для робочого стану палива для кожного шахтопласту наведено в довіднику [12]. Там же є відомості про зольність пластової (A_{Π}^r) і збагаченої (A_0^r) проб.

Перерахунок вмісту водню на робочий стан палива (H^r) за рівнянням (2) затруднений через відсутність надійного методу визначення у вугіллі вмісту мінеральних домішок [13]. З цієї причини значення MM^r визначили за емпіричною залежністю [15]:

$$MM^r = 1,08 \cdot A^r + 0,35 \cdot S_t^d, \% ; \quad (3)$$

де S_t^d – вміст загальної сірки.

В основі формули (3) лежить значення зольності та поправка на вміст загальної сірки. Смысл поправки полягає у наближенні значення зольності (A^r) до

вмісту мінеральної маси (MM^r).

Для всіх шахтопластів, що наведені у довіднику [12], за рівнянням (3), використовуючи дані про вміст загальної сірки (S_t^d) та зольності збагачених (A_o^r) та пластових (A_{Π}^r) проб розраховали відповідний їм вміст мінеральних домішок. Потім, використовуючи дані про вміст загальної вологи (W_t^r) та розраховані значення мінеральних домішок, визначили за рівнянням (2) вміст водню, відповідно для збагачених (H_o^r) та пластових (H_{Π}^r) проб.

Основна частина. Ступінь впливу збагачення вугілля та використання аналітичних проб на зміну показників вмісту водню на робочий вміст палива, встановили шляхом порівняння графіків, що характеризують відповідно результати для збагачених (рис. 1, а) та пластових (рис. 1, б) проб.

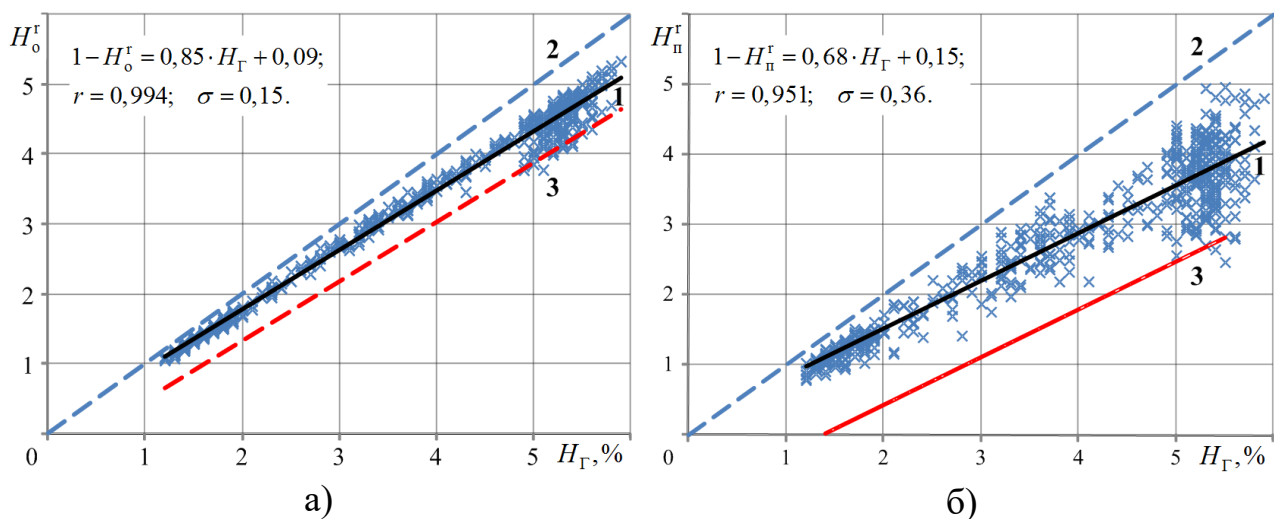


Рис. 1. Результати перерахунку вмісту водню у горючій масі на робочий стан палива для збагачених H_o^r (а) та пластових H_{Π}^r (б) проб вугілля:

1 – усереднюючі прямі; 2 – бісектриси координатних сіток; 3 – криві, що визначають можливу межу максимальних відхилень індивідуальних значень від середніх прямих (1) за правилом "трьох сигм"; r , σ – відповідно коефіцієнти кореляції та середньоквадратичні відхилення; \times – експериментальні дані [12] про горючу масу водню (H_r), що перераховані на робочий стан згідно з [13, 14]

Процес збагачення сприяє видаленню деякої кількості мінеральних домішок, що підвищує якість споживчих властивостей вугілля. Ідеальним гіпотетичним варіантом збагачення є видалення практично всіх (100%) мінеральних домішок. Цьому випадку відповідає бісектриса (2) координатної сітки (рис. 1, а). Взаємне розташування бісектриси (2) та усереднюючої прямої (1), а також коефіцієнт регресії (0,85) та вільний член (0,09) рівняння (1) свідчать, що залишок мінеральних домішок після збагачення викликає відносне зниження вмісту водню в середньому від 6 до 13,5%. Таке відносне зниження збільшується по мірі збіль-

шення вмісту водню в горючій масі. При абсолютному значенні $H_O^I = 1,0\%$ середнє значення водню знижується на 6%, а при $H_O^I = 6,0\%$ - на 13,5%. При абсолютному вмісті водню в горючій масі від 1,2 до 5,9% у більшості випадків максимальне його зниження в абсолютних цифрах для окремих шахтопластів перебуває в межах $0,51 \div 1,71\%$. Ці цифри отримані виходячи з розташування бісектриси (2), усереднюючої прямої (1) та середньоквадратичних відхилень індивідуальних даних ($\sigma=0,15\%$) від усереднюючої прямої за правилом "трьох сигм" (рис. 1, а). Така точність визначення вмісту водню цілком влаштовує при встановленні елементного складу органічної (горючої) маси на сухий беззольний стан для з'ясування споживчих властивостей вугілля.

Зовсім інші похибки отримані при перерахунку вмісту водню, на стан близький до виробничих (робочих г) умов, за яких відбувається прояв небезпечних властивостей шахтопластів. Для цього випадку середня пряма (1) також характеризується високим значенням коефіцієнта кореляції (0,951), але вона розташована на значно більшому віддаленні від бісектриси (2) координатної сітки (рис. 1, б). Це впливає із значень коефіцієнта регресії рівняння 1 (0,68) та його вільного члена (0,15).

Вплив природного вмісту мінеральних домішок та загальної вологи на відносне середнє зниження вмісту водню при перерахунку на робочий стан вугілля оцінюється від 17,0 до 29,5%. Для аналізованої вибірки шахтопластів (557) абсолютний вміст водню в горючій масі перебував у межах $1,2 \div 5,9\%$. Зниження його вмісту при перерахунку на робочий стан, з урахуванням фактичної наявності мінеральних домішок та загальної вологи у вугіллі кожного шахтопласту, в абсолютних цифрах знаходиться в інтервалі $1,25 \div 2,85\%$. Це впливає з отриманої залежності (1) та відповідних графіків (рис. 1, б).

З порівняння графіків (рис. 1, а) та (рис. 1, б) слідує, що попереднє збагачення та розгляд елементного складу на сухий беззольний стан проб вугілля визначає практично функціональну залежність вмісту водню. Видалення деякої випадкової кількості мінеральних домішок та повністю зовнішньої вологи значною мірою систематизувало співвідношення між вмістом водню в органічній масі та перерахованими його значеннями на робочий стан. Проте прийняті до розрахунку вихідний стани проб вугілля не відповідає природному стану вугілля в зоні ведення робіт, оскільки не враховується фактичний вміст мінеральних домішок та вологи. З цієї причини, незважаючи на практично функціональну залежність (1) та незначні значення середньоквадратичних відхилень (рис. 1, а), перераховані результати для цього випадку немає підстав використовувати для прогнозу небезпечних властивостей шахтопластів.

Наявність у пластових пробах природного вмісту мінеральних домішок та загальної вологи суттєво впливають на результати перерахунку на робочий стан (рис. 1, б). У першу чергу це викликало значні відхилення індивідуальних значень від прямої (1), що не дозволяє використовувати усереднені значення вмісту водню, які перераховані на робочий стан вугілля для визначення небезпечних властивостей конкретного шахтопласту.

Вміст загальної вологи є одним із основних показників ступеня метаморфізму вугілля, але він, як правило, не використовується в нормативних документах для прогнозу небезпечних властивостей шахтопластів [16]. Залежність вмісту мінеральних домішок від ступеня метаморфічних перетворень загалом не встановлено, та їх присутність у пластових пробах вугілля окремого шахтопласту носить закономірний характер [13]. Це вказує на можливість індивідуальної характеристики окремого шахтопласту за вмістом водню, що перерахований на робочий стан з урахуванням значень загальної вологи та мінеральних домішок.

Вміст водню в органічній (горючій) масі на сухий беззолний стан є допоміжним показником однієї зі сторін її метаморфічних перетворень. Вміст вуглецю в органічній (горючій) масі належить до одних з основних показників метаморфічних перетворень [16], оскільки він функціонально контролює суму інших основних компонентів (кисень, водень, азот, сірка). Залежність окремих компонентів органічної маси від вуглецю не так однозначна. Зокрема це стосується і вмісту водню в органічній (горючій) масі (рис. 2, а). Ця залежність є суто нелінійною та характеризується високим значенням коефіцієнта детермінації ($R^2=0,924$).

Тіснота залежності вмісту водню від вуглецю, стан яких перерахований на робочий за вихідним вмістом мінеральних домішок та загальної вологи в збагачених пробах, дещо нижчий (рис. 2, б). Для цього випадку $R^2=0,653$ і майже вдвічі збільшилося середньоквадратичне відхилення індивідуальних значень від кривої ($\sigma=0,816$).

Про наявність конкретної залежності вмісту водню від вуглецю не доводиться констатувати для їх приведення до робочого стану на підставі даних пластових проб (рис. 2, в). Вона характеризується низькою кореляційною залежністю ($r=-0,37$) і великим середньоквадратичним відхиленням індивідуальних значень ($\sigma=1,067$) від усереднюючої прямої (2) та носить суперечливий характер. Відповідно до статистичної обробки даних методом найменших квадратів спостерігається, судячи з розташування прямої (2) (рис. 2, в) зниження вмісту водню при посиленні метаморфічних перетворень (збільшенні вмісту вуглецю). З іншого боку, чітко проглядається збільшення вмісту водню для окремих сукупностей шахтопластів у характерних зонах I, II та III. Межі цих зон визначені графоаналітичним способом та описуються рівняннями 3 та 4 (рис. 2, в).

Сукупності шахтопластів, розташованих у зонах I та II характеризуються відповідно максимальним та мінімальним вмістом водню у незбагачених пластових пробах. До сукупності шахтопластів із середнім вмістом водню відносяться шахтопласти, для яких дані знаходяться між прямими 3 та 4 (рис. 2, в).

Статистична обробка залежності вмісту водню від вуглецю для різних їх сукупностей (вибірок шахтопластів для зон I, II та III рис. 2, в) показує у всіх випадках зростання вмісту водню по мірі посилення метаморфічних перетворень (рис. 3).

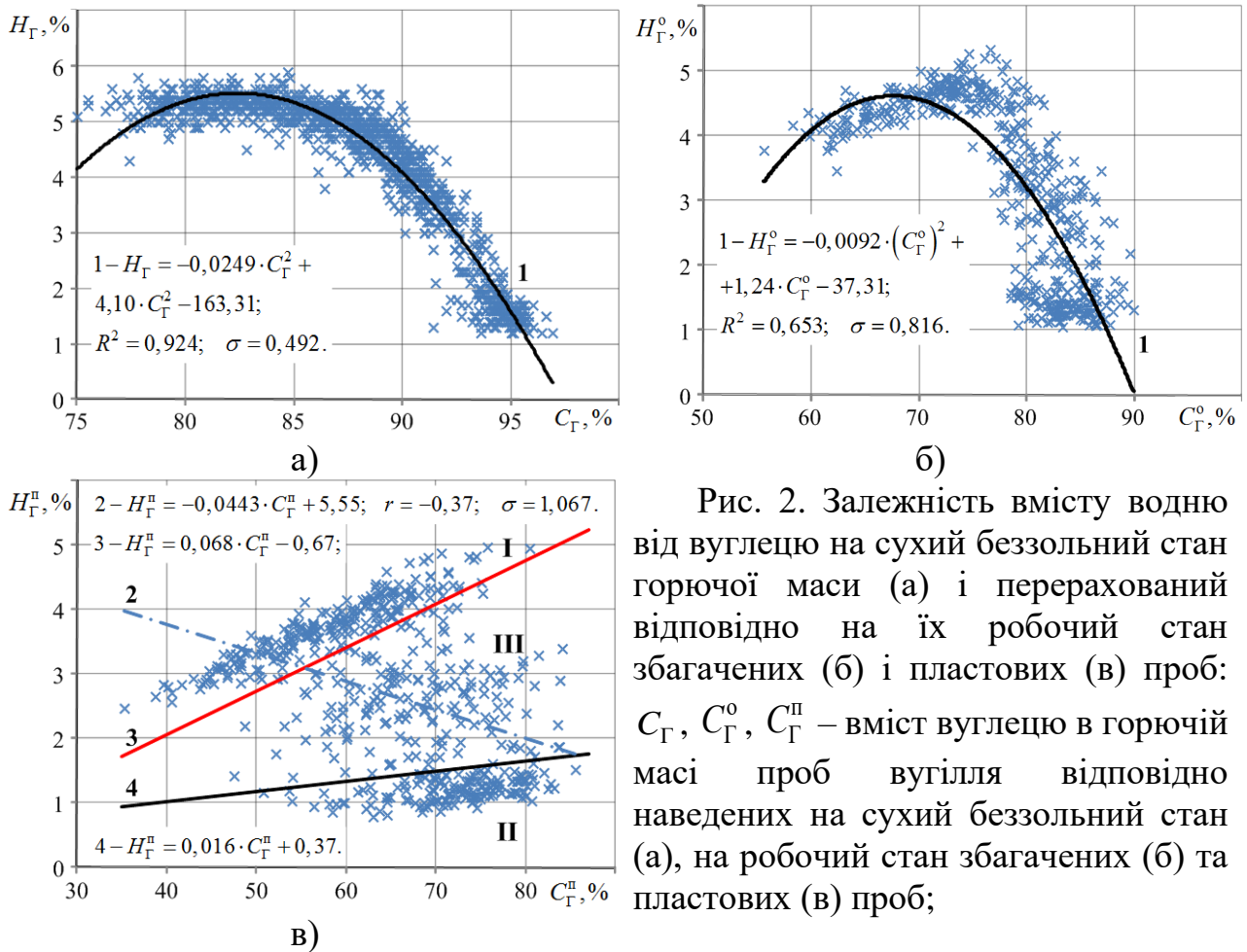


Рис. 2. Залежність вмісту водню від вуглецю на сухий беззольний стан горючої маси (а) і перерахований відповідно на їх робочий стан збагачених (б) і пластових (в) проб: C_G, C_G^0, C_G^{II} – вміст вуглецю в горючій масі проб вугілля відповідно наведених на сухий беззольний стан (а), на робочий стан збагачених (б) та пластових (в) проб;

H_G, H_G^0, H_G^{II} – вміст водню в горючій масі проб вугілля відповідно наведених на сухий беззольний стан (а), на робочий стан збагачених (б) та пластових (в) проб; \times – значення вмісту водню та вуглецю, що наведені в нормативно-довідковому документі [12] на сухий беззольний стан паливної маси (а) та перераховані на робочий стан відповідно до [13, 14] збагачених (б) та пластових (в) проб; 1, 2 – відповідно усереднюючі залежності, що розраховані методом найменших квадратів; 3, 4 – прямі, що розділяють шахтопласти на різні сукупності вмісту водню в пластових пробах; I, II, III – зони розташування сукупностей шахтопластів, що відрізняються між собою індивідуальним характером залежностей вмісту водню від вуглецю у пластових пробах; R^2, r та σ – відповідно коефіцієнти детермінації, кореляції та середньоквадратичні відхилення

Особливо суттєва ця залежність для шахтопластів, що містять вугілля з максимальною присутністю водню у пластових незбагачених пробах (рис. 3, а). Вона характеризується високим коефіцієнтом кореляції ($r=0,93$) і відносно незначним середньоквадратичним відхиленням від прямої 1 ($\sigma=0,184$). Ці показники можна порівняти з показниками залежності вмісту водню від вуглецю на їх суху беззольну масу ($R^2=0,924, \sigma=0,492$, рис. 2, а). Основна відмінність залежності вмісту водню для пластових проб і проб на сухий беззольний стан виявилася в різній їх спрямованості. При розгляді проб вугілля на сухий беззольний стан

(рис. 2, а) спостерігається зниження вмісту водню по мірі посилення метаморфічних перетворень (зростання вмісту вуглецю), а при аналізі пластових проб - навпаки, посилення метаморфізму викликає прямо-пропорційне зростання вмісту водню (рис. 3 а). Достовірність такої спрямованості вмісту водню підтверджується також результатами статистичної обробки даних для сукупностей шахтопластів, що містять мінімальне та середнє значення водню (рис. 3, б та в). При меншій тісноті кореляційних залежностей спостерігається стійка спрямованість зростання вмісту водню з посиленням метаморфічних перетворень. Це свідчить про не випадковість отриманих результатів.

Така тенденція є суто протилежною залежностям, що отримані на підставі результатів статистичної обробки стану проб на суху беззолну масу (рис. 2, а) та частково збагаченим з урахуванням значень пластової вологи (рис. 2, б).

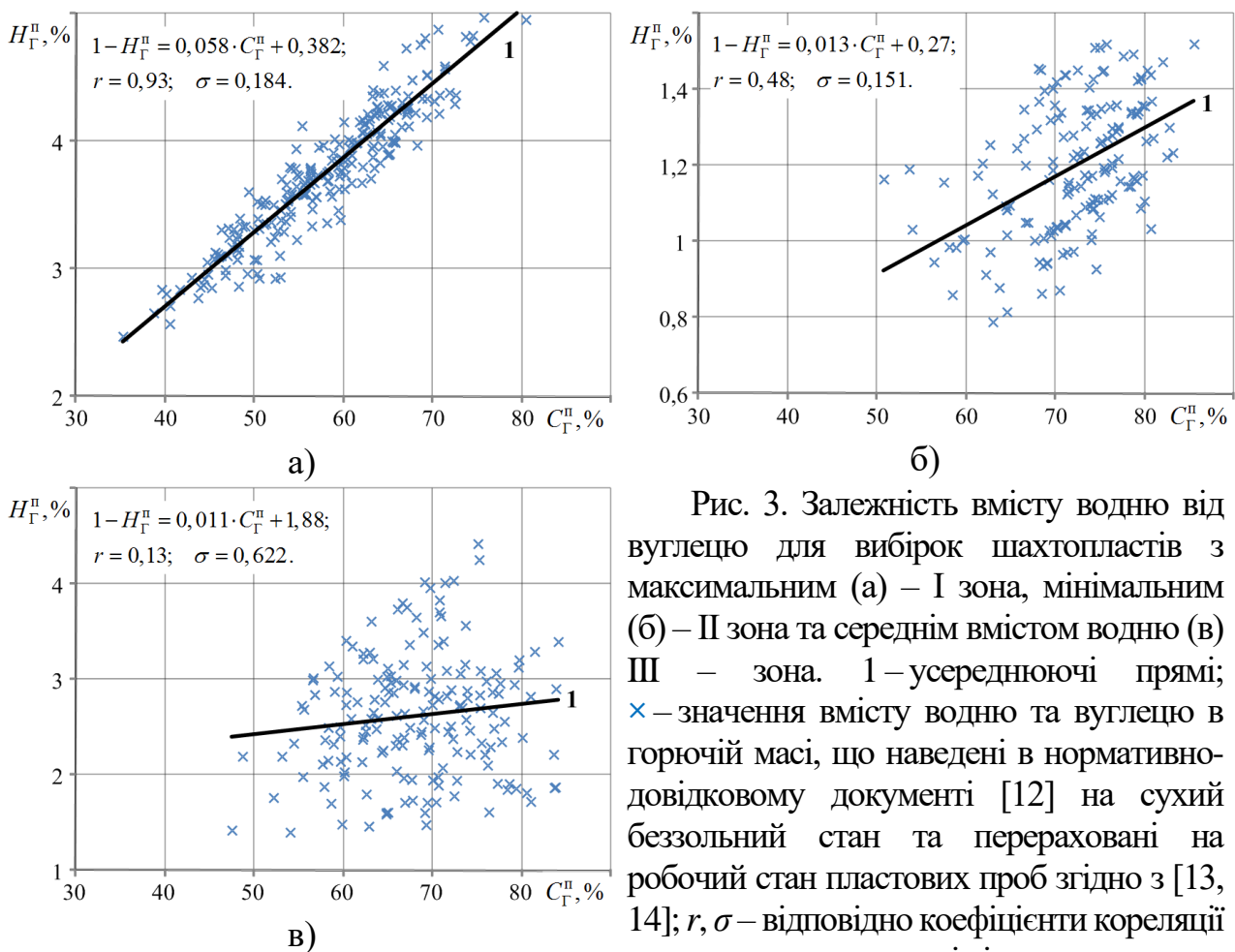


Рис. 3. Залежність вмісту водню від вуглецю для вибірок шахтопластів з максимальним (а) – I зона, мінімальним (б) – II зона та середнім вмістом водню (в) III – зона. 1 – усереднюючі прямі; × – значення вмісту водню та вуглецю в горючій масі, що наведені в нормативно-довідковому документі [12] на сухий беззолний стан та перераховані на робочий стан пластових проб згідно з [13, 14]; r, σ – відповідно коефіцієнти кореляції та середньоквадратичні відхилення

Графік (рис. 2, а) свідчить про безперечну нелінійну залежність вмісту водню від вуглецю на сухий беззолний їхній стан в органічній речовині з чітко вираженим зниженням вмісту водню за високого ступеня метаморфічних перетворень ($C_o > 85\%$).

Зниження вмісту мінеральних домішок ($A^r < 10\%$) після збагачення вугілля та його спільний розгляд із пластовою вологою призвели до деякого зниження

кореляційної залежності між розглянутими компонентами при перерахунку на робочий стан (рис. 2, б). Ослаблення цього зв'язку викликане частковим збагаченням вугілля (наявністю випадкової залишкової кількості мінеральних домішок) та присутністю загальної вологи, які індивідуально відрізняються для кожного шахтопласту.

Розгляд зв'язку між компонентами після їх приведення до робочого стану на підставі фактичної пластової зольності та загальної вологості викликав перерозподіл ступеня впливу факторів на вміст водню (рис. 2, в). Природна випадкова присутність мінеральних домішок та різне значення загальної вологи у пластових пробах усунули монопольну метаморфічну залежність вмісту водню в органічній сухій беззольній масі від вуглецю. Внаслідок цього стався перерозподіл ступеня впливу факторів на компоненти H^r та C^r . Розгляд пластових проб вугілля за участю вмісту мінеральних домішок та загальної вологи розширив кількість впливаючих факторів. Такий висновок зроблено на підставі аналізу графіків (рис. 2 та 3) щодо групування індивідуальних значень для різних сукупностей шахтопластів. Основна їх кількість (222) розташовувалося відповідно у зоні (I) максимальних значень H^r та у зоні (II) - мінімальних його значень (159). Між ними знаходиться проміжна зона (III), у якій групування індивідуальних даних (174) відбувається з меншою щільністю. Встановлення причин такого розподілу шахтопластів має важливе значення для прогнозу небезпечних властивостей під час гірничих робіт та потребує окремого вивчення.

Висновки. Проведені дослідження дозволили встановити відмінності у вмісті водню між пробами вугілля, що наведені на сухий беззольний їхній стан та пластовими пробами, що характеризують стан вугілля у робочій зоні ведення гірничих робіт. Знання відмінних рис необхідно для вдосконалення нормативної бази з безпечного відпрацювання вугільних шахтопластів, оскільки при її розробці використані показники ступеня метаморфізму, що віднесені тільки до сухої та беззольної горючої або органічної маси. При цьому не враховується кількість та склад мінеральних домішок та присутність вологи в зоні ведення гірничих робіт, які суттєво можуть впливати на їхню безпеку. Основні висновки полягають у наступному:

1. Розгляд вмісту водню в органічній (горючій) масі вугілля в пробах, що наведені на сухий беззольний стан, виключає можливість враховувати вплив мінеральних домішок та вологи на прояв небезпечних властивостей шахтопластів.

2. Вплив природного вмісту мінеральних домішок та загальної вологи на відносний вміст водню при перерахунку на робочий стан вугілля в середньому оцінюється від 17,0 до 29,5%, а максимальний до 90%.

3. Зниження вмісту водню при перерахунку стану проб на робочий стан відбувається на 1,25÷2,85%, за його абсолютним вмістом в органічній (горючій) речовині 1,2÷5,9%.

4. Перерахунок вмісту водню та вуглецю із сухого беззольного стану горючої маси на робочий стан дозволив встановити три характерні зони залежності між ними – максимального, середнього та мінімального вмісту водню.

5. Природна випадкова присутність мінеральних домішок та різні значення загальної вологи у пластових пробах усувають монопольну залежність вмісту водню в сухій беззолній горючій масі. Внаслідок цього відбуваються зміни як у тисноті кореляційних залежностей, так і спрямованості зміни вмісту водню при посиленні ступеня метаморфізму (зростанні вмісту вуглецю).

6. Для прогнозу небезпечних властивостей шахтопластів необхідно використати показники ступеня метаморфізму, що перераховані на робочій стан палива.

Перелік посилань

1. ГОСТ 17070-2014. Межгосударственный стандарт. Угли. Термины и определения. Издание официальное. (2015). Москва: Стандартинформ.
2. Руководство по борьбе с пылью в угольных шахтах. (1979). Москва: Недра.
3. СОУ 10.1.00174088.011–2005. Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ: [Чинний від 2005-12-01]. Видання офіційне. (2005). Київ: Мінвуглепром України.
4. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. (1994). Киев: Основа.
5. КД 12.01.402–2000. Руководство по предупреждению и тушению эндогенных пожаров на угольных шахтах Украины. (2000). Донецк: НИИГД.
6. Инструкция по прогнозу и предупреждению внезапных прорывов метана из почвы горных выработок. (1987). Макеевка: МакНИИ.
7. СОУ-П 10.1.00174088.016:2009. Правила визначення ефективності випереджального захисту пластів, схильних до газодинамічних явищ. Видання офіційне. (2009). Київ: Мінвуглепром України.
8. Каталог динамических разломов горных пород на угольных шахтах. (1983). Ленинград: М-во угольной промышленности СССР, ВНИИ горной геомеханики и маркшейдерского дела.
9. КД 12.01.401-96. Эндогенные пожары на угольных шахтах Донбасса. Предупреждение и тушение. Инструкция. Издание официальное. (1997). Донецк: НИИГД.
10. СОУ 10.1.0017-4088.011-2004. Дегазация угольных шахт. Требования к способам и схемы дегазации. Издание официальное. (2004). Киев: Минтопэнерго Украины.
11. Схеми та способи керування газовиділенням на виїмкових дільницях вугільних шахт. Державний нормативний акт про охорону праці. (2006). Київ: Державний департамент промислової безпеки, охорони праці й гірничого нагляду.
12. Справочник по качеству каменных углей и антрацитов Донецкого и Львовско-Волынского бассейнов. Донецкий научно-исследовательский угольный институт. (1972). Москва: Недра.
13. Авгушевич, И.В., Сидорук, Е.И., & Броновец, Т.М. (2019). Стандартные методы испытания углей. Классификации углей. Москва: «Реклама мастер».
14. ГОСТ 27313-95 (ИСО 1170-77) Межгосударственный стандарт. Топливо твердое минеральное. Обозначения показателей качества и формулы пересчета результатов анализа для различных состояний топлива. Издание официальное. (2003). Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации.
15. Tarasov, V., Antoshchenko, M., Rudniev, Ye., & Galchenko A. (2020). Forecasting propensity method of mine layers to endogenous fire hazard by metamorphic signs of coals transformation. *Österreichisches Multiscience Journal*, 67-74.
16. Antoshchenko, M., Tarasov, V., Zaika, R., Zakharova, A., & Kukota O. (2020). Moisture and organic mass components as indicators of metamorphism and dangerous properties of coal seams. *Modern engineering and innovative technologies*, 13 (3), 60-75.

АННОТАЦІЯ

Цель. Установить влияние минеральных примесей и влаги на точность определения содержания водорода, в условиях, приближенных к условиям ведения горных работ состоит в рассмотрении возможности использования экспериментальных данных о содержании водорода на сухую беззольную массу для прогноза опасных свойств шахтопластов после пересчета значений содержания водорода с поправками на содержание минеральных примесей и общей (пластовой) влаги.

Методика исследования состоит в том, что потребительские качества твердого топлива определены на основании аналитических проб, доведенных до воздушно-сухого состояния (аналитическое состояние). Результаты, выраженные в других состояниях топлива, являются расчетными. Пересчет производят исходя из зольности, влажности и содержания минеральной массы.

Результаты исследований. Наличие в пластовых пробах природного содержания минеральных примесей и общей влаги оказывают существенное влияние на результаты пересчета содержания водорода на рабочее состояние угля. Значительное отклонение индивидуальных значений от усредняющей прямой не позволяют использовать усредненные значения содержания водорода, перечисленные на рабочее состояние угля для определения опасных свойств конкретного шахтопласта. Рассмотрение связи между компонентами после их приведения в рабочее состояние угля на основании фактической пластовой зольности и общей влажности привело к перераспределению влияния факторов на содержание водорода. Естественное случайное присутствие минеральных примесей и разное значение общей влаги в пластовых пробах устранили монопольную метаморфическую зависимость содержания водорода в сухой органической беззольной массе от углерода.

Научная новизна. Впервые установлен противоположный характер изменения содержания водорода от углерода для отдельных совокупностей шахтопластов. При рассмотрении проб угля на сухое беззольное состояние наблюдается снижение содержания водорода по мере усиления метаморфических преобразований, а при анализе пластовых проб – наоборот, усиление метаморфизма вызывает прямо-пропорциональный рост содержания водорода в трех характерных зонах.

Практическое значение. Результаты исследований необходимы для усовершенствования нормативной базы по безопасной отработке угольных шахтопластов, поскольку при ее разработке использованы показатели степени метаморфизма, отнесенные на сухое беззольное состояние.

Ключевые слова: шахтопласты, уголь, содержание, метаморфизм, водород, проба, состояние, свойства, расхождение, горные работы, опасность, нормативная база, усовершенствовании.

ABSTRACT

Purpose. To establish the effect of mineral impurities and moisture on the accuracy of determining the hydrogen content, under conditions close to the conditions of mining, is to consider the possibility of using experimental data on the hydrogen content on a dry ashless mass to predict the hazardous properties of coal seams after recalculating the hydrogen content values corrected for the mineral content impurities and total (reservoir) moisture.

Methodology. The research methodology consists in the fact that the consumer qualities of solid fuel are determined on the basis of analytical samples brought to an air-dry state (analytical state). Results

expressed at other fuel states are estimates. The recalculation is carried out on the basis of ash content, moisture content and mineral content.

Findings. The presence in reservoir samples of the natural content of mineral impurities and total moisture have a significant impact on the results of the conversion of the hydrogen content to the working condition of coal. A significant deviation of individual values from the averaging straight line does not allow using the averaged values of the hydrogen content listed for the working state of coal to determine the hazardous properties of a particular coal seam. Consideration of the relationship between the components after they have been brought into working condition of coal based on the actual formation ash content and total moisture content led to a redistribution of the influence of factors on the hydrogen content. The natural random presence of mineral impurities and different values of total moisture in reservoir samples eliminated the monopole metamorphic dependence of the hydrogen content in the dry organic ash-free mass on carbon.

Originality. For the first time, the opposite nature of the change in the content of hydrogen from carbon was established for individual aggregates of mines. When considering coal samples for a dry ash-free state, a decrease in hydrogen content is observed as metamorphic transformations intensify, and when analyzing reservoir samples, on the contrary, an increase in metamorphism causes a directly proportional increase in hydrogen content in three characteristic zones.

Practical implications. The research results are necessary to improve the regulatory framework for the safe mining of coal seams, since in its development indicators of the degree of metamorphism were used, referred to the dry ash-free state.

Keywords: *coal seams, coal, grade, metamorphism, hydrogen, sample, condition, properties, divergence, mining, hazard, regulatory framework, improvement.*