

<sup>1</sup> Інститут фізики гірничих процесів НАН України, Дніпро, Україна

## ПЕРЕТВОРЕННЯ МІКРОСТРУКТУРИ КАМ'ЯННОГО ВУГІЛЛЯ ВНАСЛІДОК ДІЇ СЛАБКОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

© Т. Pichka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute for Physics of Mining Processes National Academy of Science of Ukraine,  
Dnipro, Ukraine

## CONVERSION OF THE COAL MICROSTRUCTURE AFFECTED BY WEAK ELECTRICAL FIELD ACTION

**Мета.** Вивчення фізико-хімічних змін, що пройшли у мікроструктурі кам'яного вугілля після обробки електричним полем слабкої напруженості.

**Методика.** Використані зразки кам'яного вугілля за такими характеристиками: вміст вуглецю 86,9 %, водню 5,6 %, показник відбиття вітриніту  $R_0 \geq 1,04$  %,  $Y = 19$  мм,  $W = 1,4$  %,  $V^{daf} = 31,3$  %, тепло та згоряння  $Q^{daf} = 35560$  кДж/кг. Використані електричні поля слабкої напруженості – до 200 В/см. Дослідження фізико-хімічних характеристик проводилися у науково-дослідних лабораторіях ДП НВО «Павлоградський хімічний завод» з використанням диференційної скануючої калориметрії оптичної мікроскопії, лазерного дифракційного аналізу розмірів частинок, інфрачервоної спектроскопії і таке інше.

**Результати.** Проведені експериментальні дослідження, що включали підготовку зразків вугілля до електромагнітної обробки. Після обробки слабкими електричними полями вивчалися фізико-хімічні змінювання у зразках обробленого вугілля. Для порівняння з результатами обробки мікрочастинок вугілля електричним полем показана тенденція зміни фракційного складу мікрочастинок магнітним полем слабкої напруженості.

**Наукова новизна.** Встановлено ефект зміни зернистостей мікрочастинок вугілля в слабкому електричному полі, який полягає в тому, що вміст мікрочастинок найменших за розмірами збільшується, а найбільших – зменшується. Цей ефект пов'язаний з тим, що збудження деформованих (дестабілізованих) хімічних зв'язків навіть слабкою напруженістю електричного поля призводить до руйнування мікрочастинок і відповідної газогенерації. Вплив слабого магнітного поля призводить до неодноразового збільшення розмірів мікрочастинок максимальної зернистості. Передбачається, що дія магнітних полів стимулює спін-селективні хімічні реакції між рухомими компонентами і поверхнями мікрочастинок.

**Практична цінність** полягає в тому, що одержані експериментальні результати будуть корисними для фізико-математичного моделювання механізмів руйнування твердої фази не тільки під дією термобаричних впливів, але й слабких напруженостей електричних полів. Особливого значення результати цих робіт набувають у розробці нових не енергоємних технологій переробки вугілля у газ і рідинні компоненти.

**Ключові слова:** дестабілізація мікроструктури, деструктуризація, напруженість поля, хімічна активність

**Вступ.** Під час проведення гірничих виробок змінюється природний напружений стан масиву гірських порід, що призводить до деформування порід навкруги виробки. Характер прояву деформацій гірничих виробок та їх інтенсивність часто визначають вибір способів, які б їх зменшували, і залежать від фізико-механічних та хімічних властивостей гірських порід, глибини розробки, параметрів

кріплення, характеру процесів, що протікають під час руйнування бокових порід, умов впливу механічних полів тощо. Так, наприклад, обговорюється у багатьох наукових роботах [1-5] те, що очисні роботи на вугільних пластах принципово змінюють характер напруженого стану у породах, що вміщують вугільний пласт, а також безпосередньо навколо виробок, в цілому призводять до змінювання їх стійкості.

Слід зазначити, що посилення активізації фізико-хімічних процесів, які відбуваються у вугіллі та у породному масиві навколо виробок, є наслідками механічної і термодинамічної дестабілізації геотехнічної системи. Складна та специфічна за фізико-хімічним станом наноструктура вугілля з унікальними властивостями [1], формувалася в умовах постійного впливу декількох фізичних параметрів одночасно, але в будь-якому випадку будь-який один з них (за всіх інших рівних умов) виконував функцію переважного [6-10]. Наприклад, це міг бути тиск або температура, електричний струм або напруженість магнітного поля, склад і концентрація флюїдів тощо [11-16].

Дослідження деструктивних процесів у вугіллі за своєю метою направлені на вивчення імовірних причин, джерел енергії та механізмів, які стимулюють активні деструктивні процеси у мікроструктурі кам'яного вугілля. Результати досліджень майже завжди є першим кроком у вирішенні актуальних практичних задач, які потребують зниження енерговитрат і підвищення економічних показників у технології переробки вугілля у рідке паливо, газ, сорбенти тощо.

Не менш актуальним напрямком є вирішення проблеми, пов'язаної з проявом газодинамічних явищ у шахтах, яка, насамперед, відноситься до питань охорони праці. Виникнення газодинамічних явищ у вугільних шахтах обумовлено головним чином втратою стійкості деяких нанокомпонентів вугілля і в цілому – системи «вугілля-газ» в обмеженому об'ємі вугільного пласта [17, 18]. Термодинамічна нестабільність даної системи в умовах рівно компонентного напруженого стану може бути викликана активними хімічними реакціями, які протікають у вугіллі, помітно змінюють концентрацію не тільки часток (атомів, молекул, іонів), але й фаз. Перехід системи у нерівноважний стан (стан з надлишковою внутрішньою енергією) можна представити двома етапами, роз'єднаними у часі: перший – формування викидонебезпечних станів (механохімії та/або електростимулювання), другий – техногенні причини, які викривають та ініціюють розв'язування викидів вугілля, породи і газу [9].

**Мета роботи** – вивчення фізико-хімічних змінювань, що пройшли у мікроструктурі кам'яного вугілля після обробки електричним полем слабкої напруженості.

**Матеріали та методи досліджень.** В експериментах використовувалося кам'яне вугілля з характеристиками: вміст вуглецю 86,6 %, водню 5,7 %, показник відбиття вітриніту  $R_0 \geq 1,03$  %,  $Y = 18$  мм,  $W = 1,1$  %,  $V^{daf} = 33,2$  %, теплота згоряння  $Q^{daf} = 35860$  кДж/кг. Зразки готувалися з вугілля, подрібненого до фракцій 200-160 мкм (лазерний аналізатор показав, що діапазон розмірів вихідних частинок вугілля складає 214,5-111,7 мкм). Середнє значення маси кожного зразка ~ 1,28 г. Перед проведенням досліджень вугілля висушували при температурі

35 °С протягом 50 год. Максимальна температура нагріву при електрофізичних обробках не перевищувала 400 К. Експерименти проводилися за методикою, описаною в [5]. Різниця потенціалів і величина струму задавалися джерелом живлення і становили 1, 10, 100 Вт і 0,1 А відповідно. Час обробки кожного зразка не перевищував 4 год. Експерименти з обробки зразків вугілля проводилися у лабораторії кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки Національного технічного університету «Дніпровська політехніка».

Максимальна напруженість магнітного поля, створюваного котушкою  $\sim 4500$  А/м. Обмеження температури обумовлено, по-перше, необхідністю переважного впливу магнітного поля, а не температури, по-друге – з метою виключення протікання можливих реакцій у термо-активованій органічній масі вугілля. Час безперервної обробки вугілля – 4 год. Під час обробки магнітними полями зразки вугілля в контейнері стискалися сталевими електродами із зусиллям  $\sim 10^6$  Па.

Рентгеноструктурні дослідження вугілля проводилися на рентгенівському дифрактометрі ДРОН-3м з приставкою для виведення результатів на комп'ютер. Зйомка проводилася методом Дебая-Шерера (метод порошоків). Використовувалося монохроматичне  $\text{CuK}_\alpha$  випромінювання. Дослідження електронного парамагнітного резонансу (ЕПР) проводили на спектрометрі ВІТТ.421.410.001(РФ). Комплексні дослідження фізико-хімічних характеристик проводилися в лабораторіях ДП НВО «Павлоградський хімічний завод» з використанням наступного обладнання: приладу термогравіметричного аналізу (ТГА) та диференційної скануючої калориметрії (ДСК), оптичної мікроскопії LEICA DM ILM), лазерного дифракційного аналізу розмірів частинок SHIMADZU SALD-301V і калориметра С-2000 ІКА. Інфрачервоні спектри вугілля були зняті на ІЧ-Фур'є спектрометрі ФСМ-1201 з пропусканням у спектральному діапазоні  $400\text{-}5000\text{ см}^{-1}$ .

**Експериментальні результати.** Рентгенографічні дослідження показують, що на всіх дифрактограмах виділяються два сильно розмитих максимуми, які відповідають кутам  $2\Theta$ : 24 і 43 град. Положення першого максимуму змінюється від зразка до зразка невиразно; напівширина змінюється слабо. Інтенсивність ліній зразків обробленого вугілля нижча за інтенсивність вихідного вугілля, що свідчить про збільшення ступеня його «аморфності». В області першого максимуму розташовані лінії, значення яких рівні (нм): 0,455; 0,424; 0,403 – слабка лінія; 0,371 і 0,338. В області другого максимуму на дифрактограмах всіх вихідних зразків фіксуються лінії, які можна віднести до кристалічної фази, яка має міжплщинну відстань  $d = 0,198\text{-}0,200$  нм, близьку за значенням до лінії графіту  $d = 0,202$  нм – другий за інтенсивністю. Аналіз дифрактограм свідчить про збільшення ступеня «аморфності» вугілля в результаті проходження електричного струму – на дифрактограмах у районі кута 43 град практично відсутній максимум. Дифрактограми свідчать про збільшення ступеня «аморфності» наноструктури, що підтверджують дані ЕПР – збільшується концентрація парамагнітних центрів від  $4,2 \cdot 10^{18}$  до  $3,3 \cdot 10^{19}$ .

В цілому деструктивні процеси, що протікають у вугіллі, супроводжуються збільшенням вмісту частинок за меншими розмірами і незначним розширенням

діапазону за рахунок частинок в області найбільших розмірів. При цьому зменшується середній розмір частинок і їх вміст, рис. 1. Тенденція розподілу частинок вугілля, після обробки у магнітному полі, принципово відрізняється від характеру розподілу частинок після обробки у електричному полі, що підтверджує раніше одержані дані [8].

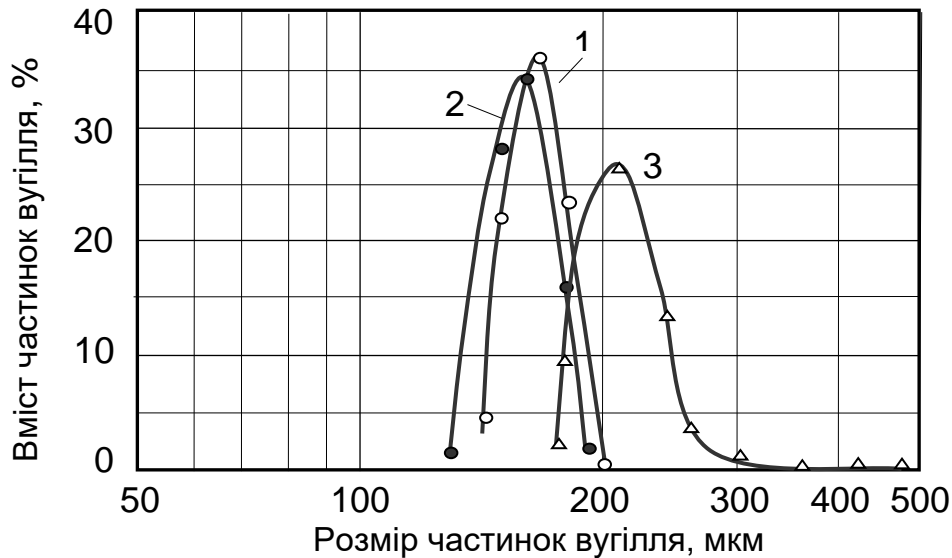


Рис. 1. Характер розподілу частинок вугілля за розмірами: 1 – вихідний зразок, 2 – вугілля після обробки в електричному полі напруженістю 118 В/см,  $T \approx 315$  К; 3 – вугілля після обробки слабким магнітним полем напруженістю 4000 А/м,  $T \approx 3032$  К

За даними інфрачервоної спектроскопії (ІЧС), рис. 2, деструкція місткових аліфатичних ланцюжків підтверджується зменшенням оптичної щільності смуг 2920 і 2860  $\text{cm}^{-1}$ , що відповідає валентним і деформаційним коливанням зв'язків С–Н у структурах, що вміщують  $\text{CH}_2$ -групи, і зменшенням смуг 3000–3100  $\text{cm}^{-1}$  в ароматичних вуглеводнях (рис. 2, а).

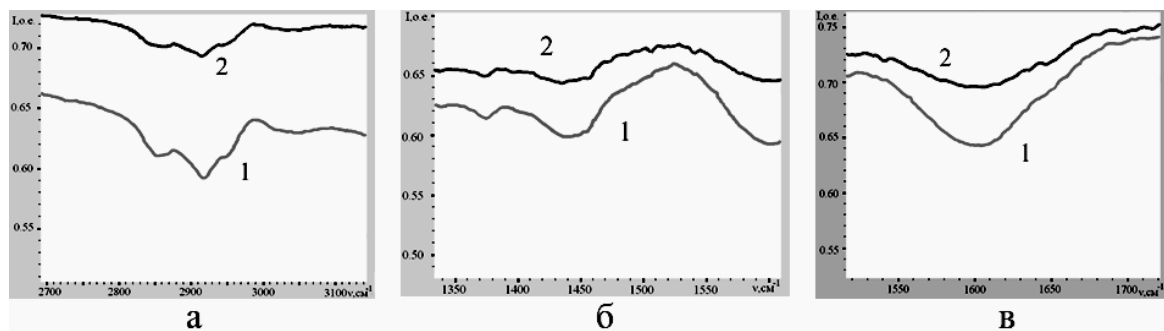


Рис. 2. ІЧ-Фур'є спектри кам'яного вугілля марки «Ж»: 1 – вихідний зразок вугілля; 2 – вугілля після обробки електричним полем, а – деструкція місткових аліфатичних ланцюжків (зменшується оптична щільність смуг 2920 і 2860  $\text{cm}^{-1}$ , які відповідають валентним і деформаційним коливанням зв'язків С–Н); б – деструкція кисень-метиленових містків (обрив  $\text{CH}_3$ -метальних груп супроводжується зменшенням смуги 1370  $\text{cm}^{-1}$ ); в – зменшення оптичної щільності смуги 1602  $\text{cm}^{-1}$  відповідає С=С зв'язку в ароматичних вуглеводнях

Деструкція кисень-метиленових містків супроводжується обривом пов'язаних з ними  $\text{CH}_3$ -метальних груп (зменшується смуга  $1370\text{ cm}^{-1}$ ). Ріст на ІЧ-спектрах смуг  $1025\text{ cm}^{-1}$ , характерних для первинних ( $-\text{CH}_2\text{OH}$ ) спиртових груп, також указує на деструкцію. Зменшувалась інтенсивність смуг поглинання  $\text{CO}$ -груп простих і складних ефірів ( $1100\text{--}1300\text{ cm}^{-1}$ ), деформаційних коливань груп  $\text{CH}_2$  ( $1490\text{ cm}^{-1}$ ) і  $\text{CH}$ -груп ароматичних кілець ( $700\text{--}880\text{ cm}^{-1}$ ). Крім цього, про деструктивні процеси свідчить зменшення оптичної щільності смуги  $1600\text{ cm}^{-1}$ , що відповідає  $\text{C}=\text{C}$  зв'язку в ароматичних вуглеводнях.

Азотовмісні сполуки ідентифікуються за наявністю інтенсивного пропускання в області валентних коливань  $2300\text{--}2400\text{ cm}^{-1}$ ; в зразках, оброблених електричним полем, спостерігається незначне зростання інтенсивності ліній.

З аналізу експериментальних даних випливає, що проходження слабого електричного струму ініціює у вугіллі хімічні перетворення «тверда фаза вугілля  $\rightarrow$  рухомі компоненти, газ», збільшує концентрацію парамагнітних центрів (ПМЦ) в аліфатичних і ароматичних структурах.

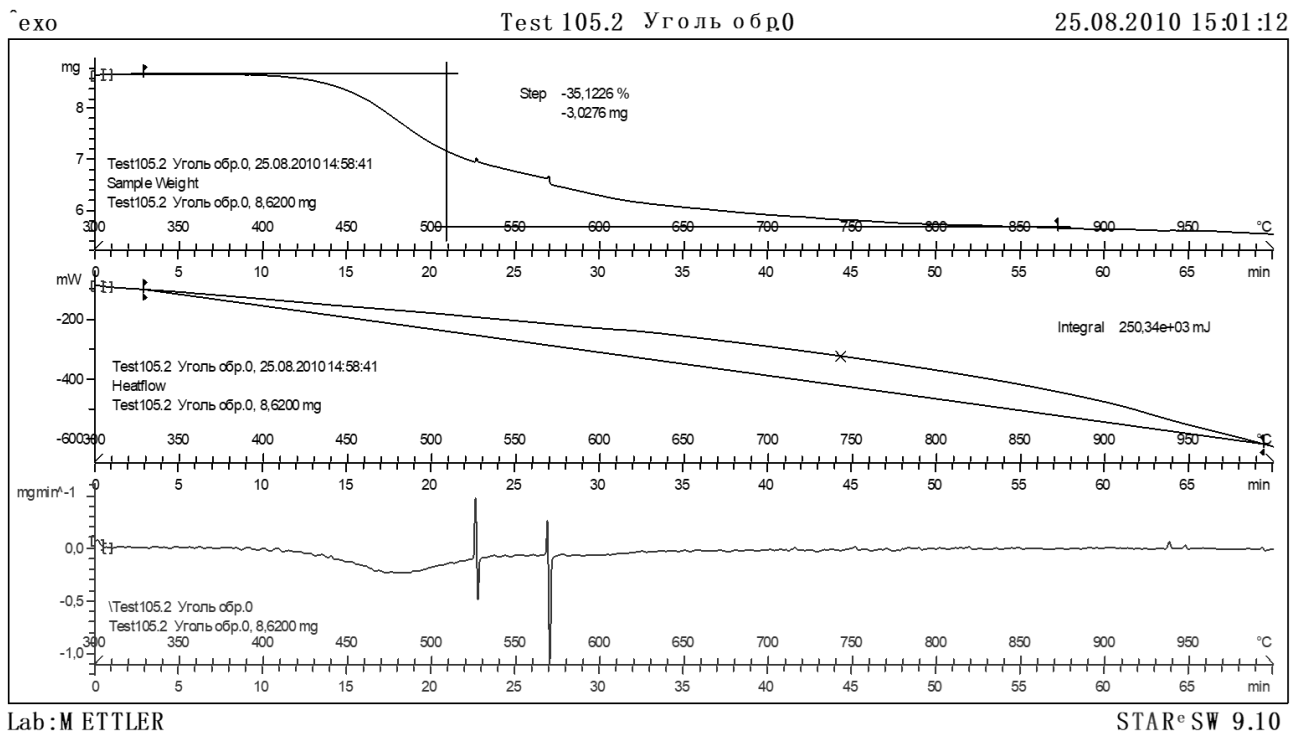
З використанням термогравіметричного аналізу рис. 3, та диференційної скануючої калориметрії досліджувалися термічні характеристики вугілля в діапазоні температур від кімнатної до  $670\text{ K}$ . У вихідному вугіллі перший ступінь ( $\sim 390\text{ K}$ ) втрати маси відповідає переважно виходу вологи – близько  $2,8\%$ . Загальна втрата маси, яка склала  $0,456\text{ мг}$  ( $7,3\%$ ), обумовлена втратою не тільки вологи, але і летких компонентів  $Q^{\text{daf}} = 36,4\text{ МДж/кг}$ .

У вугіллі, обробленому електричним полем напруженістю  $118\text{ В/см}$ ,  $T \approx 315\text{ K}$  протягом 4 год., перший ступінь втрати маси відповідає  $620\text{ K}$  і пов'язаний головним чином з втратою летких компонентів, концентрація яких перевищує аналогічний показник вихідного вугілля. Частка виділеної вологи на позначці  $390\text{ K}$  не перевищує  $1,6\%$ , теплота згоряння ( $Q^{\text{daf}}$ ) склала  $36,2\text{ МДж/кг}$ .

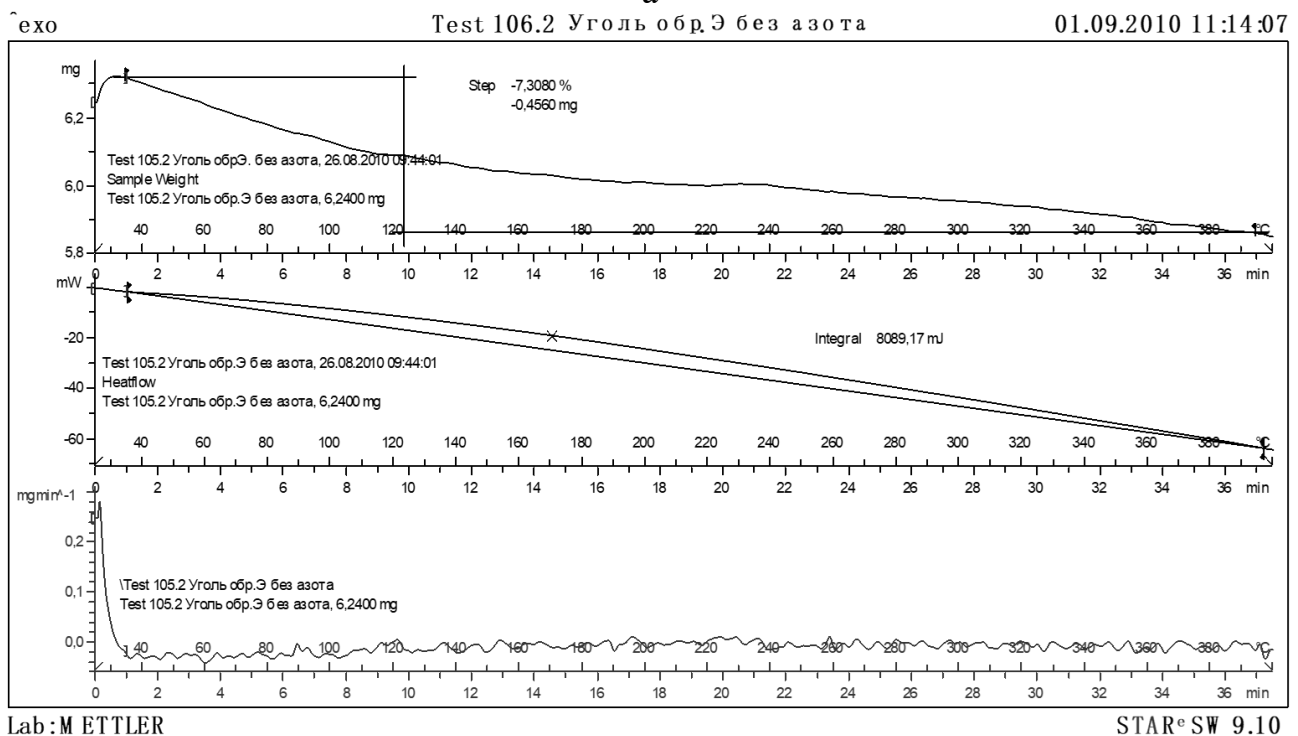
Перехід твердої фази подрібненого вугілля в газ, стимульований впливом слабких електричних полів і нагріванням до  $300\text{--}310\text{ K}$ , призводить до збільшення концентрації парамагнітних центрів (рухомих компонентів), зменшення середнього розміру зерна кристалічної компоненти і збільшення ступеня «аморфності» кам'яного вугілля в цілому. Можна припустити, що в природі утворення і виділення газу у вугіллі, головним чином, обумовлено руйнуванням твердої фази вугілля, при цьому, причинами можуть бути складні процеси деформування, вплив напруженості електричного поля, або вплив цих двох факторів з одночасною дією теплового поля.

Одним з основних структурних компонентів у сучасних моделях вугілля, є ланцюгові структури, які з найбільшою ймовірністю піддаються дестабілізації і руйнуванню [19]. Наприклад, у процесах механохімічної [9] або електрохімічної активації [20], це можливо за одночасного впливу цих параметрів, або інших фізичних впливів. У роботі [7] запропоновано механізм і сценарій переходу органічної маси вугілля в газ в результаті дії тиску із зсувом, формування викидонебезпечного стану у вугіллі та причини його «консервації», ініціювання та розвитку викиду. Як причини руйнування зв'язків був обраний ефект, заснований на перетворенні механічної енергії в хімічну [21]. Дослідження структурних і фазових

перетворень у вугіллі показали, що під час нагрівання (не більше 320 К) і проходження слабкого електричного струму частина маси вугілля переходить в газ [20]. Встановлено, що переходи «тверда фаза вугілля→газ» при механохімічних і електрохімічних діях можуть бути описані близькими за фізичною суттю механізмами.



а



б

Рис. 3. Результати термогравіметричного аналізу та диференціальної скануючої калориметрії вихідного вугілля (а) і обробленого в електричному полі (б)

**Висновок.** Результати досліджень фізичних властивостей вугілля, причин виникнення та збереження в його структурі нестабільних станів (наприклад, потенційно здатних до викидів) і залежності цих станів від комплексу фізичних впливів іноді не можуть бути інтерпретовані з точки зору традиційних уявлень. Такий стан можна пояснити тим, що в дослідженнях специфічної структури кам'яного вугілля, всі компоненти якої відносяться до нанорозмірних об'єктів, використовується застаріла методологія, відповідно до якої вивчаються мікророзмірні системи. Але тут слід звернути увагу на особливості фізичних властивостей атомарного вуглецю і вуглецевих фаз (графен, нанотрубки, ланцюжки тощо), які найчастіше не беруться до уваги, але надають принциповий вплив на фізико-хімічні характеристики вугілля, відображають особливості та види енергетичних впливів.

Встановлено ефект зміни зернистостей мікрочастинок вугілля в слабкому електричному полі, який полягає в тому, що вміст мікрочастинок найменших за розмірами збільшується, а найбільших – зменшується. Цей ефект пов'язаний з тим, що збудження деформованих (дестабілізованих) хімічних зв'язків навіть слабкою напруженістю електричного поля призведе до руйнування мікрочастинок і відповідної газогенерації.

Науковий інтерес представляють дослідження впливу слабких електричних полів на фазові переходи у вугіллі, тому що в природі тектонічна активізація супроводжується не тільки складним деформуванням гірських порід, але і збільшенням значень напруженостей електричних і магнітних полів. Передбачається, що переходи «вугілля→газ» як при механічних, так і електрофізичних впливах, за своєю суттю, є ідентичними та можуть бути описані механізмом, в основі якого лежать теплові ефекти.

Збільшення часу обробки не призводить до подальших помітних змін в наноструктурі вугілля. Можна припустити, що обробка будь-якими енергетичними діями через деякий час приведе до насичення наноструктури додатковою внутрішньою енергією, після чого в системі «вугілля-газ» настає стан нестійкої хімічної рівноваги. Для активації фізико-хімічних процесів у такій системі необхідно збільшити або використовувати новий вид фізичного діяння.

Окрему наукову зацікавленість представляють дослідження впливу слабких електричних полів на фазові переходи у вугіллі. Це пов'язано з тим, що в природі характерними ознаками тектонічної активності є складне деформування гірських порід, значне збільшення локальних температур у мікро- і нанооб'ємах, збільшення значення напруженостей електричних полів.

Вплив магнітного поля на органічну масу вугілля полягає в тому, що крім стимулювання магнітного сценарію міжрадикальних реакцій, призводить до стабілізації і зростання вуглецевих структур з регулярним розміщенням атомів. Ефект може бути використаний при розробці фізико-хімічних моделей процесу вуглефікації і формування твердих вуглецевих фаз. Хімічні реакції, що протікають у вугільному речовині при впливі слабого магнітного поля, спрямовані головним чином на утворення стійких молекул газу в результаті рекомбінації вільних радикалів.

## Перелік посилань

1. Алексеев, А.Д. (2010). *Физика угля и горных процессов*. Київ: Наукова думка.
2. Sobolev, V., Molchanov, A., & Rudakov, D. (2019). *Physicochemical transformations in coals induced by electric fields*. Norderstedt. LAPLAMBERT Academic Publishing.
3. Минеев, С.П., Потапенко, А.А., Мхатвари, Т.Я. и др.. (2013). *Повышение эффективности гидравлического рыхления выбросоопасных угольных пластов*. Донецк «ТОВ «Східний видавничий дім».
4. Хоменко, О.Е. (2016). *Геоэнергетика подземной разработки рудных месторождений: монография*. Днепропетровск: НГУ.
5. Панченко, Е.М. (2009). *Электретное состояние в оксидах*. Москва: Физматлит.
6. Пивняк, Г.Г., Соболев, В.В., & Баскевич, А.С. (2012). Устойчивость углеродсодержащих фаз в углях при прохождении слабого электрического тока. *Доп. НАН України*, 2, 107-113.
7. Соболев, В.В. (2010). Закономерности изменения энергии химической связи в поле точечного заряда. *Доп. НАН України*, 4, 88-95.
8. Soboliev, V., Bilan, N., Filippov, A., Baskevich, A. (2011). Electric stimulation of chemical reactions in coal. *Technical and Geoinformational systems in Mining*, 125-130. <https://doi.org/10.1201/b11586-21>
9. Соболев, В.В. (2003). К вопросу о природе образования выбросоопасных углей. *Сборник научных трудов НГУ*, Т.1, 17, 374-383.
10. Soboliev, V., Bilan, N., & Samovik, D. (2013). Magnetic stimulation of transformations in coal. *Mining of Mineral Deposits*, 221-225.
11. Pivnyak, G.G., Sobolev, V.V., & Filippov, A.O. (2012) Phase transformations in bituminous coals under the influence of weak electric and magnetic fields. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, Vol. 5, 43-49.
12. Frolkov, G.D., Fandeev, M.I., Malova, G.V., Frolkov, A.G., Frantsuzov, S.A., & Sobolev, V.V. (1997). Effect of natural mechanical activation on coal blow-up hazards. *Khimiya Tverdogo Topliva*, Issue 5, 22-33.
13. Соболев, В.В., Баскевич, А.С., Билан, Н.В., & Филиппов, А.О. (2011). Устойчивость наноструктуры каменного угля при воздействии электрического тока. *Науковий вісник НГУ*, 6, 80-84.
14. Molchanov, O., Rudakov, D., Soboliev, & V., Kamchatnyi, O. (2018). Destabilization of the hard coal microstructure by a weak electric field. *E3S Web of Conferences*, 60, 00023. doi:10.1051/e3sconf/20186000023
15. Sobolev, V.V., Rudakov, D.V., Molchanov, O.M., Stefanovych, L.I., & Kirillov, A.K. (2019). Physical and chemical transformations in gas coal samples influenced by the weak magnetic field. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 6, 52-58. doi:10.29202/nvngu/2019-6/8
16. Rudakov, D., & Sobolev, V. (2019). A Mathematical Model of Gas Flow during Coal Outburst Initiation. *International Journal of Mining Science and Technology*, 791-796. doi:10.1016/j.ijmst.2019.02.002
17. Алексеев, А.Д., Айруни, А.Т., & Зверев, И.В. (1994). Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 5, 65-70.
18. Соболев, В.В., Поляшов, А.С., & Зберовский, В.В. (2013). *Система уголь-газ в углеводородах угольного генезиса*. Днепропетровск: АРТ-ПРЕСС.
19. Алексеев, А.Д., Шаталова, Г.Е., Ульянова, Е.В., & Дегтярь, С.Е. (2003). Рентгеноструктурные исследования строения природных углей. *Сб. научн. тр. Национального горного университета*, 17, 26-30.
20. Соболев, В.В., Чернай, А.В., & Черняк, С.А. (2006). Роль электрического тока в стимулировании деструктивных процессов в каменном угле. *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Техн. Науки*, прил. 9, 45-51.



21. Бутягин, П.Ю. (1971). Кинетика и природа механохимических реакций. *Успехи химии*, Т. 40, 1935-1959.

### АННОТАЦИЯ

**Цель.** Изучение физико-химических изменений, произошедших в микроструктуре каменного угля после обработки электрическим полем слабой напряженности.

**Методика.** Использованы образцы каменного угля со следующими характеристиками: содержание углерода 86,9%, водорода 5,6%, показатель отражения витринита  $R_0 \geq 1,04$  %,  $Y = 19$  мм,  $W = 1,4$ %,  $V^{daf} = 31,3$ %, теплота сгорания  $Q^{daf} = 35560$  кДж/кг. Использованы электрические поля слабой напряженности - до 200 В/см. Исследование физико-химических характеристик проводилось в научно-исследовательских лабораториях ГП НПО «Павлоградский химический завод» с использованием дифференциальной сканирующей калориметрии оптической микроскопии, лазерного дифракционного анализа размеров частиц, инфракрасной спектроскопии и др.

**Результаты.** Проведенные экспериментальные исследования, включали подготовку образцов угля электромагнитной обработкой. После обработки слабыми электрическими полями изучались физико-химические изменения в образцах обработанного угля. Для сравнения с результатами обработки микрочастиц угля электрическим полем показана тенденция изменения фракционного состава микрочастиц магнитным полем слабой напряженности.

**Научная новизна.** Установлено эффект изменения зернистостей микрочастиц угля в слабом электрическом поле, который заключается в том, что содержание микрочастиц маленьких по размерам увеличивается, а более крупных - уменьшается. Этот эффект связан с тем, что возбуждение деформированных (дестабилизированных) химических связей даже слабой напряженностью электрического поля приводит к разрушению микрочастиц и соответствующей газогенерации. Воздействие слабого магнитного поля приводит к неоднократному увеличению размеров микрочастиц максимально 1й зернистости. Предполагается, что действие магнитных полей стимулирует спин-селективные химические реакции между подвижными компонентами и поверхностями микрочастиц.

**Практическая ценность** заключается в том, что полученные экспериментальные результаты будут полезными для физико-математического моделирования механизмов разрушения твердой фазы не только под действием термобарических воздействий, но и слабых напряженностей электрических полей. Особое значение результаты этих работ приобретают в разработке новых не энергоемких технологий переработки угля в газ и жидкие компоненты.

**Ключевые слова:** дестабилизация микроструктуры, деструктуризация, напряженность поля, химическая активность.

### ABSTRACT

**Purpose.** Study of physicochemical changes, which take place in coal microstructure after being treated with low-voltage electric fields.

**Methodology.** Used coal samples, have follow characteristics: carbon content 86.9%, hydrogen 5.6%, vitrinite reflectance  $R_0 \geq 1,04$  %,  $Y = 19$  mm,  $W = 1,4$ %,  $V^{daf} = 31,3$ %, combustion heat  $Q^{daf} = 35560$  kJ/kg. Low voltage electric fields up to 200 V/cm were used. Physicochemical characteristics study was carried out in research laboratories of SE NPP "Pavlograd Chemical Plant" using optical microscopy with differential scanning calorimetry, laser diffraction analysis of particle sizes, infrared spectroscopy and other.

**Findings.** Experimental studies, included coal samples preparation for electromagnetic treatment.

After treatment with weak electric fields, were studied physicochemical changes in treated coal samples. To compare results of coal microparticles electric field treating we can see the tendency in microparticles fractional composition change with weak magnetic field.

**The originality.** Effect of changing coal microparticles granularity in a weak electric field was established, it means that microparticles content increases in size, when largest in size decreases. This effect based on the fact that deformed (destabilized) chemical bonds excitation, even with low electric field strength; it leads to microparticles destruction and corresponding gas generation. Weak magnetic field impact leads to repeated increase of maximum grain size in microparticles size. Assumed that magnetic fields action stimulates spin-selective chemical reactions between moving components and microparticles surfaces.

**Practical implications** are that s obtained experimental result will be useful for physico-mathematical modeling of solid phase fracture mechanisms, not only under thermobaric influences, but also of weak electric fields tensions. Particular importance of these works in new non-energy-intensive technologies development for processing coal into gas and liquid components.

**Keywords:** *microstructure destabilization, destructuring, field strength, chemical activity.*