

УДК 622.794

ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ДЕРИВАТОГРАФІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ СТРУКТУРИ ВОДИ НА ВУГІЛЬНІЙ ПОВЕРХНІ

Білецький В.С., докт. техн. наук, проф.,
Сергєєв П.В., канд. техн. наук, доц., Шендрік Т.Г., докт. хім.
наук, Гаркушин Ю.К., канд. техн. наук
Донецький національний технічний університет

Запропоновано і обґрунтовано використання дериватографічного методу для дослідження структури водних плівок на вугільній поверхні.

Offered and grounded the use of derivatografic method for research of structure of water tapes on a coal surface.

Проблема та її зв'язок з науковими або практичними задачами. Проблема зневоднення дрібних і тонкодисперсних матеріалів нерозривно пов'язана з ідентифікацією окремих видів вологи – плівкової, адгезійної і об'ємної. При цьому особливо гостро стоїть питання визначення співвідношення між кількістю поверхневої вологи, яка може бути механічно видалена, і тією, яка не видаляється механічними методами – дренаванням, грохоченням, фільтрацією, центрифугуванням тощо. Плівкова і почасти адсорбційно зв'язана волога цими методами не видаляється при зневодненні.

Проблема ідентифікації видів вологи на поверхні твердих тіл раніше вивчалася рядом авторів [1-4], однак якісна і кількісна оцінка плівкової вологи залишається неоднозначною.

Мета нашої роботи – пошук і дослідження нових методологічних підходів ідентифікації різних видів вологи на поверхні вугілля.

Аналіз досліджень та публікацій. Отже, спершу розглянемо і проаналізуємо сучасні методи вивчення різних видів вологи на поверхні твердого тіла. Аналіз літературних і нормативних джерел показує наступне.

По-перше розроблені і широко застосовуються методи визначення міцно зв'язаної вологи (гігроскопічної), наприклад згідно ГОСТ 8719-70 і його еквівалентів [2]. Що стосується інших форм вологи, то відсутність чітких границь між окремими видами вологи, в т.ч. за енергетичними показниками зв'язку “тверде-рідина”, утруднюють їх кількісну оцінку.

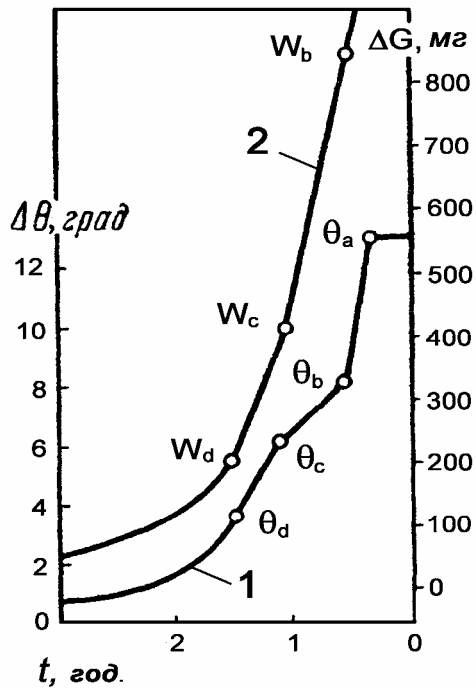


Рис.1 Термограми ізоотермічної сушки (1) та криві сушки (2) сілікагеля

має місце чіткість перегинів термограми сушки і їх поділянка відмінність (кожній ділянці відповідає свій вид капілярної вологи). Що ж до міцно зв'язаної вологи, то такого чіткого поділу немає, а внутрішньокапілярна волога виділяється одночасно з гігроскопічною (що, очевидно, утруднює, якщо не унеможлиблює, їх окрему ідентифікацію за пропонованим методом). Крім того, точки - ідентифікатори гігроскопічної і міцнозв'язаної вологи (автори [2] вважають їх фізично адекватними види вологи) поставлені практично довільно, так як "м'яка" крива на цій ділянці не має перегинів. Отже ідентифікація міцно-зв'язаної вологи за розглянутим методом непереконлива.

Що стосується кривих сушки – W , то розташування точок W_b , W_c , W_d не має чіткої аргументації. "М'якість" цієї кривої взагалі, на нашу думку, не дозволяє чітко виділити ділянки, які відповідають різним видам вологи.

По-третє, єдиним загальновизнаним методом визначення вологи, що не видаляється механічними методами, є метод ММВ – максимальної молекулярної вологоємності [1]. ММВ є, по суті, інтегральною оцінкою ряду видів вологи – капілярної внутрішньої і частково зовнішньої, плівкової, яка механічно не видаляється. Диференціальна ж їх оцінка за методом ММВ неможлива. Маючи

По-друге, існують спроби ідентифікації окремих видів вологи і їх кількісного визначення зробленого, наприклад, аторами [2, 5] за допомогою термограм ізоотермічної сушки сілікагеля (рис. 1). На думку М.І.Бейліна термограми дозволяють відокремити різні види капілярної вологи: ділянка $0 - \Theta_a$ коментується як "внутрішньо-проміжкова капілярна волога" (волога капілярного підняття); ділянка $\Theta_a - \Theta_b$ - як капілярно - стикова волога; ділянка $\Theta_b - \Theta_c$ - як внутрішньокапілярна волога. Водночас, на думку автора, гігроскопічна волога починає видалятися від точки Θ_c , а міцно зв'язана – від точки Θ_d .

Відмітимо, що при ідентифікації за цим методом різновидів капілярної вологи

конкретне практичне значення, цей метод малоприматний для теоретичного аналізу різних видів вологи.

По-четверте, в практиці дослідження фізико-хімічних властивостей мінералів і, зокрема, вугілля широко застосовується дериватографія [3, 4]. Однією з її функцій є визначення кількості води і гідроксилів у мінералах [4].

Таким чином, виконаний нами короткий огляд демонструє наявність окремих методів оцінки різних видів вологи і межі застосування кожного з цих методів. Водночас, так звані “тонкі” і “товсті” водні плівки, а також їх можливі елементи, відомими методами не ідентифікуються.

Постановка задачі. Нами запропоновано використати дериватографію для оцінки структури водної фази на вугільній поверхні.

Викладення матеріалу та результати досліджень. На першому етапі [7] на дериватографі фірми MOM-Q-1500 нами досліджувалися аналітичні проби вугілля марки “Ж” шахти “Самсонівська-Західна №1” зольністю 9,5%. Використовувалося свіжоподрібнене вугілля і окиснене на повітрі при 20°C впродовж 1-го місяця. Для зволоження використовувалася дистильована вода з рН = 7. Зразки проб, які досліджувалися, мали такий набір характеристик:

Проба 1. Неокиснене вугілля, вологість вугілля $W^a = 1,2\%$;

Проба 2. Неокиснене вугілля, співвідношення Т:Р = 1:1;

Проба 3. Окиснене вугілля, співвідношення Т:Р = 1:1.

Одержані ендотермічні піки вологовидалення диференційних термогравіметричних кривих (ДТГ), приведені до базової лінії, приведені на рис. 2. При цьому на базову лінію спроектовані температурні інтервали та характерні точки ДТГ. Одержані піки вологовидалення суттєво відрізняються за інтенсивністю (амплітудою), формою, зокрема ступенем симетрії, та площею під кривою. Зупинимося на цих характеристиках докладніше.

Інтенсивність піків ДТГ за своєю природою визначає максимальну швидкість вологовидалення, а площа під кривою – масу вологи, що видаляється.

Що стосується симетрії піків, то ми виходимо з припущення, що ефект несиметричності пов'язаний з існуванням різних видів вологи на вугільній поверхні. Так як різні види вологи мають різну енергію зв'язку з твердою поверхнею, то і видаляються вони в різних

діапазонах температур, зокрема мають місце різні температури, що відповідають максимальним швидкостям вологовидалення для різних видів вологи (точки на базисній лінії, які відповідають вершинам піків). Тобто, кожному з видів вологи характерний свій симетричний пік вологовидалення (в певному температурному діапазоні), а їх накладення обумовлює наявність несиметричних піків вологовидалення ДТГ.

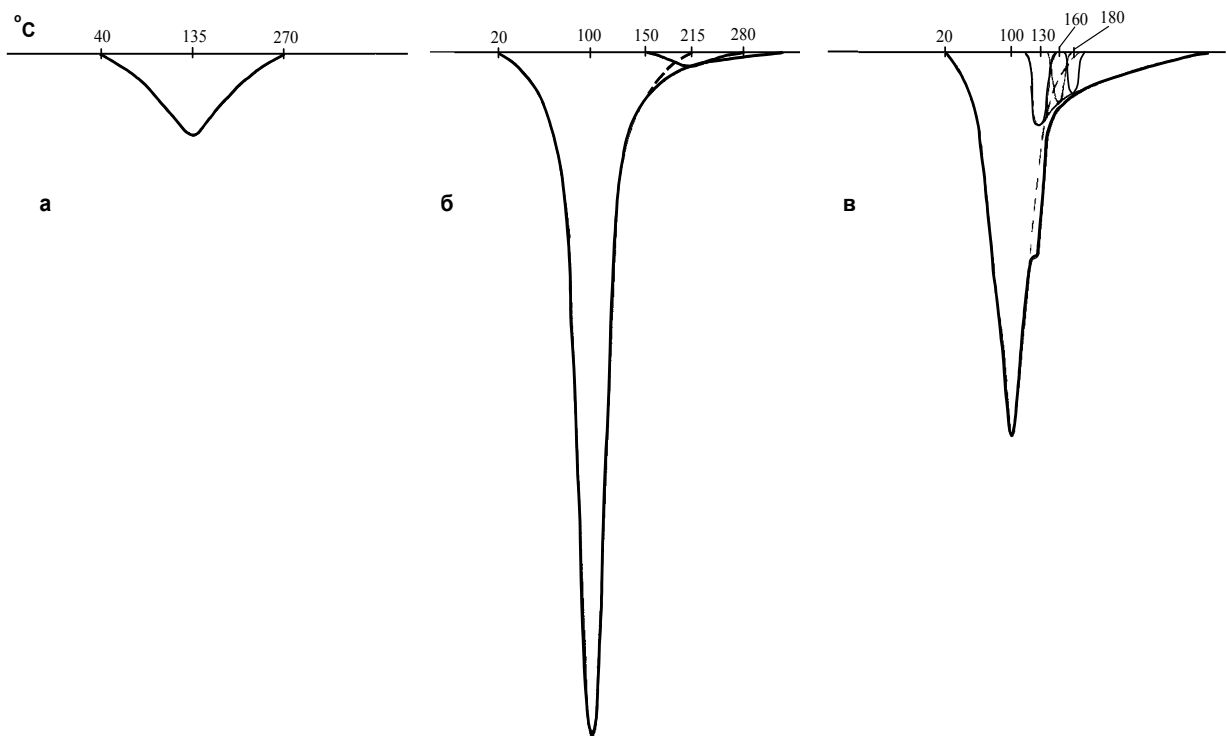


Рис.2 Ендотермічні піки вологовидалення: а,б,в – відповідно проби 1,2,3.

Таким чином, розкладаючи несиметричні піки ДТГ на гаусові криві, ми маємо змогу ідентифікувати окремі види вологи, що відрізняються енергією зв'язку з твердою поверхнею.

Використовуючи ці міркування, проаналізуємо тепер одержані піки вологовидалення ДТГ. Пік вологовидалення повітряно-сухого вугілля (проба 1, рис. 2, а) має порівняно невелику інтенсивність, "м'які" фронти ДТГ, він є практично симетричним. Останнє (симетричність), очевидно, свідчить про однорідність структури води, яка в цьому випадку представлена тільки тонкою водною плівкою (плівкова волога). Мала інтенсивність (амплітуда) і деяка "сплощеність" піка обумовлена порівняно низькою швидкістю вологовидалення, що характерно саме для міцно зв'язаної вологи. Крім того, максимальна швидкість вологовидалення спостерігається при підвищеній температурі – 135 °С, що теж свідчить про високоенергетичний зв'язок контактуючих фаз "волога-тверде".

Пік вологовидалення ДТГ зволоженого неокисненого вугілля (проба 2, рис. 2, б) сильно відрізняється від попереднього – він значно більш інтенсивніший, несиметричний в області високих температур. Розкладення на гаусовські складові дає два піка – основний з екстремумом при 100 °С, який, очевидно, відповідає гравітаційній та капілярній волозі, і невеликий додатковий пік в області температур > 150 °С – плівковій волозі.

Пік вологовидалення ДТГ зволоженого окисненого вугілля (проба 3, рис. 2, в) має більш складну конфігурацію в області високих температур. Розкладення піка на симетричні складові дає їх сімейство з екстремумами при 130; 160; 180 і т.д. °С. Очевидно, процес окиснення вугілля привів до збільшення частки плівкової вологи за рахунок міцно-зв'язаної та адгезійної вологи. Причому плівкова волога в нашому випадку представлена декількома шарами – міцно зв'язаною (α - і β -плівки за [6]) і адгезійною “товстою” плівкою, що простягається на відстань до 1000 нм від твердої поверхні [6].

Отже, вже за результатами першого етапу досліджень вдалося встановити, що:

1. Дериватографічний аналіз в принципі дозволяє ідентифікувати деякі види вологи, зокрема відрізнити плівкову від інших видів вологи.

2. У випадку гідрофільних (гідрофілізованих) матеріалів, для яких характерна більша структурованість водних шарів на їх поверхні, цей метод дозволяє виділити окремі види плівкової вологи (імовірно, міцно зв'язану і адгезійну).

На другому етапі [11] нами застосовано дериватографічний метод для дослідження впливу на систему “тверде-вода” різноманітних реагентів, що особливо актуально для фізико-хімічних способів інтенсифікації зневоднення. Зокрема, ми ставили на меті виявлення впливу ПАР на структуру “товстих” та β -плівок води на вугільній поверхні.

Інтенсифікація зневоднення дрібнодисперсного вугілля поверхнево-активними речовинами (ПАР) пройшла широку апробацію як в лабораторних умовах, так і на збагачувальних фабриках. При цьому досліджено ряд різноманітних за своєю природою ПАР - нейногенних та йоногенних [1, 2, 8, 9]. Разом з тим треба констатувати, що переважна більшість досліджень мають виключно емпіричний характер і не пояснюють механізм інтенсифікації вологовидалення за допомогою ПАР. В наших дослідженнях зроблена спроба теоретичної інтерпретації дії ПАР при зневодненні [10]. Зокрема, одержані

ізотерми сумарної енергії зв'язку в тонких водних плівках на вугільній поверхні і виконаний аналіз впливу природи ПАР на енергію зв'язку. Зроблені теоретичні припущення, що у випадку адсорбції ПАР на границі "тверде-рідина" аніоноактивні ПАР знижують сумарну енергію зв'язку для вугілля середньої та високої стадій вуглефікації, а катіоноактивні – для вугілля низької стадії вуглефікації. Така схема адсорбції, очевидно, призводить до відштовхування двох поверхонь, а саме границі "тверде-вода" та "вода-газ", що суттєво зменшує сумарну енергію зв'язку у водній плівці. Виходячи з цих уявлень, у випадку адсорбції ПАР на границі "тверде-рідина" ефект дії на сумарну енергію зв'язку протилежний випадку адсорбції ПАР на границі "рідина-газ".

На цьому етапі досліджень ставилась мета експериментально підтвердити теоретично опрацьований механізм дії ПАР при зневодненні вугілля.

Для цього нами використано метод дериватографії. Методика досліджень опрацьована нами і викладена в роботі [6].

Досліджувалися аналітичні проби свіжоподрібненого вугілля марки "Ж" шахти "Самсонівська-Західна №1" зольністю 10,8%. Для зволоження використовувалася вода рН=7. Співвідношення Т:Р = 1:1.

В якості реагентів прийняті йоногенні та нейоногенні ПАР: аніоноактивні – лігносульфонат (побічний продукт переробки деревини в целюлозу), винна кислота; катіоноактивні – діетиламін та амоній сірчаноокислий, нейоногенні - технічний продукт ДБ (моно- та диалкілфенілові ефіри поліетиленгліколю $[(\text{CH}_3)_3\text{C}]_m\text{C}_6\text{H}_4\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n\text{H}$, $m = 6-7$).

На рис. 3 наведені фрагменти оригінальних дериватограм вихідного вугілля та вугілля обробленого водними розчинами реагентів з розрахунку 100 г/т вугілля, що згідно [9], відповідає раціональним витратам ПАР при інтенсифікації зневоднення дрібнодисперсного вугілля.

На рис.4 подані ендотермічні піки вологовидалення, приведені до базисної лінії. Прокоментуємо одержані результати.

Піки вологовидалення на всіх одержаних дериватограмах мають велику інтенсивність і несиметричний характер в області високих температур (рис.3). Розкладання їх на симетричні складові дає дві характерні зони. В першій розташований основний інтенсивний симетричний пік з екстремумом при 95-100 °С, який, очевидно, відповідає видаленню гравітаційної та капілярної вологи. В другій зоні, що локалізується в області більш високих температур, маємо

один або сімейство симетричних кривих. Причому, для аніонактивних і нейногенних реагентів характерний, як правило, один симетричний пік малої інтенсивності при 140-170 °С. У випадку катіонактивних ПАР маємо подвійний характер кривих: для сірчаноокислого амонію – сімейство симетричних кривих при 130, 160, 180 і т.д. °С з відносно невеликою інтенсивністю. Вихідне вугілля, не оброблене розчином ПАР, характеризується, як і піки вологовидалення в присутності реагентів, великою інтенсивністю та несиметричним характером. Причому, праве крило піку (в області більш високих температур) має порівняно значну несиметричність та інтенсивність симетричних піків.

Все це свідчить, на нашу думку, про різну структуру вологи на вугільній поверхні без і в присутності різних ПАР.

Дія на вугільну поверхню розчину аніонактивних ПАР спричиняє найменшу структурованість плівкової вологи, про що свідчить наявність малоінтенсивного, але важко видалюємого шару плівкової вологи (рис. 4, піки 2 і 3).

Ці результати добре кореспондується з раніше одержаними нами теоретичними викладками щодо механізму дії йоногенних ПАР на плівкову вологу на вугільній поверхні. Оскільки аніонактивні ПАР в цьому випадку знижують структурованість водної плівки на вугіллі, то згідно наших припущень має місце концентрація йонів ПАР на границі “вода-газ”. Оскільки, згідно [12] поверхня вугілля середньої стадії метаморфізму у воді має переважно негативний заряд, то у водних плівках утворюються дві заряджені негативно поверхні – “тверде-вода” та “вода-газ”, які взаємно відштовхуються. Це призводить до зниження сумарної енергії зв'язку у плівковій волозі і, як наслідок, до зменшення структурованості водних плівок.

При дії катіонактивних ПАР маємо неоднозначну картину. У випадку сірчаноокислого амонію (рис.4, пік 4) у порівнянні з вихідним вугіллям (рис.4, пік 1) спостерігається деяке зменшення інтенсивності симетричних піків в правому крилі (тонкі плівки) при тому ж характері цих кривих. Оскільки сірчаноокислий амоній не має розгалуженого гідрофобізуючого радикалу, його дія подібна електроліту, який частково знижує негативний заряд вугільної поверхні за рахунок концентрації на ній катіонів NH_4^+ . Це призводить до деякого зменшення структурованості водної плівки, що ми і спостерігаємо.

У випадку диетиламіну (рис.4, пік 5) у порівнянні з вихідним вугіллям спостерігається значне зменшення структурованості водної

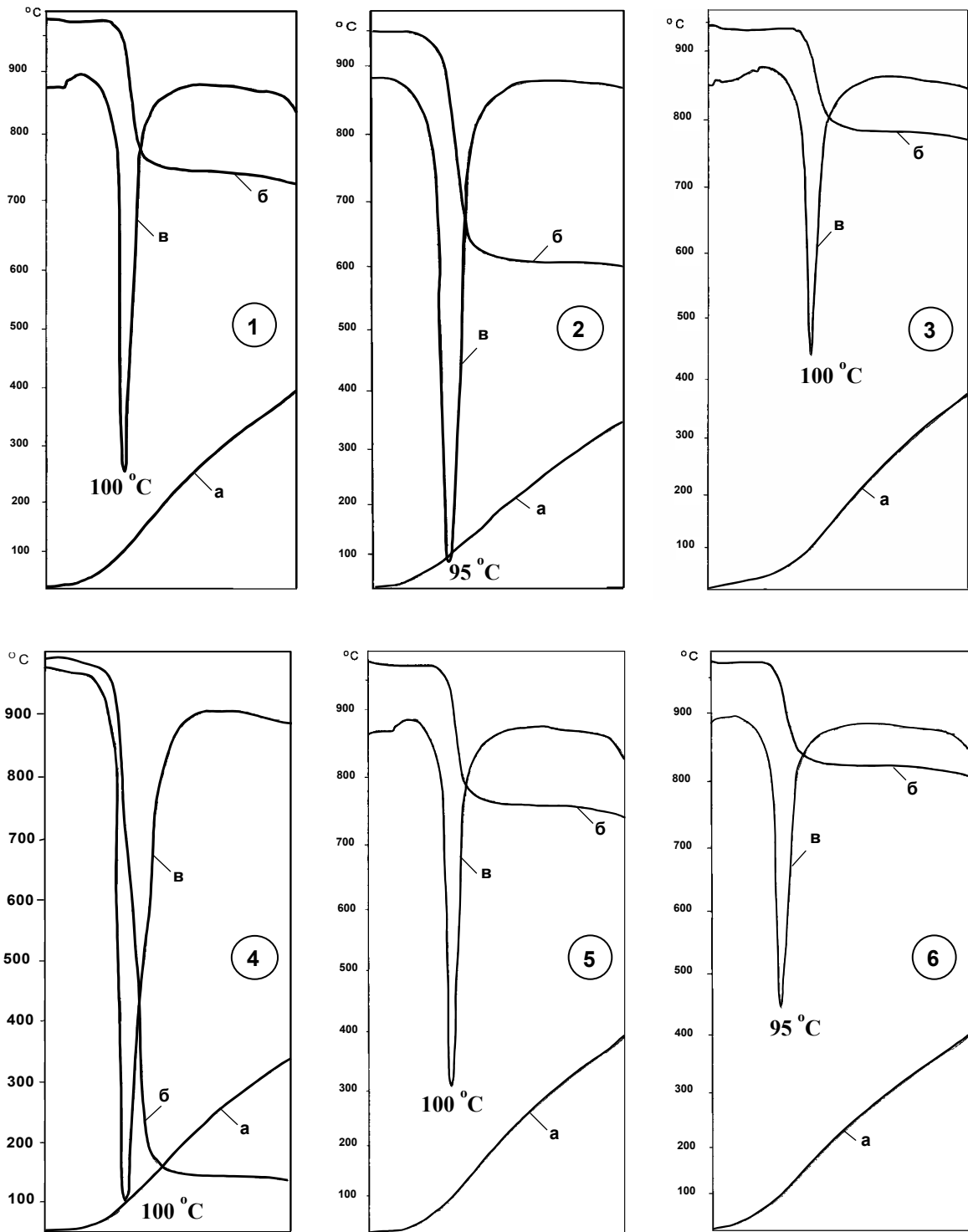


Рис.3 Фрагменти оригінальних дериватограм вугілля в області вологовидалення:

1 - вихідне вугілля; 2-6 – вугілля, оброблене розчинами відповідно 2 - лігносульфонату, 3 - винної кислоти, 4 - амонію сірчанокислого, 5 - диетиламіну, 6 - ДБ.

а – калібровочна температурна крива; б – термогравіметрична (ТГ) крива; в – диференційно-термогравіметрична (ДТГ) крива.

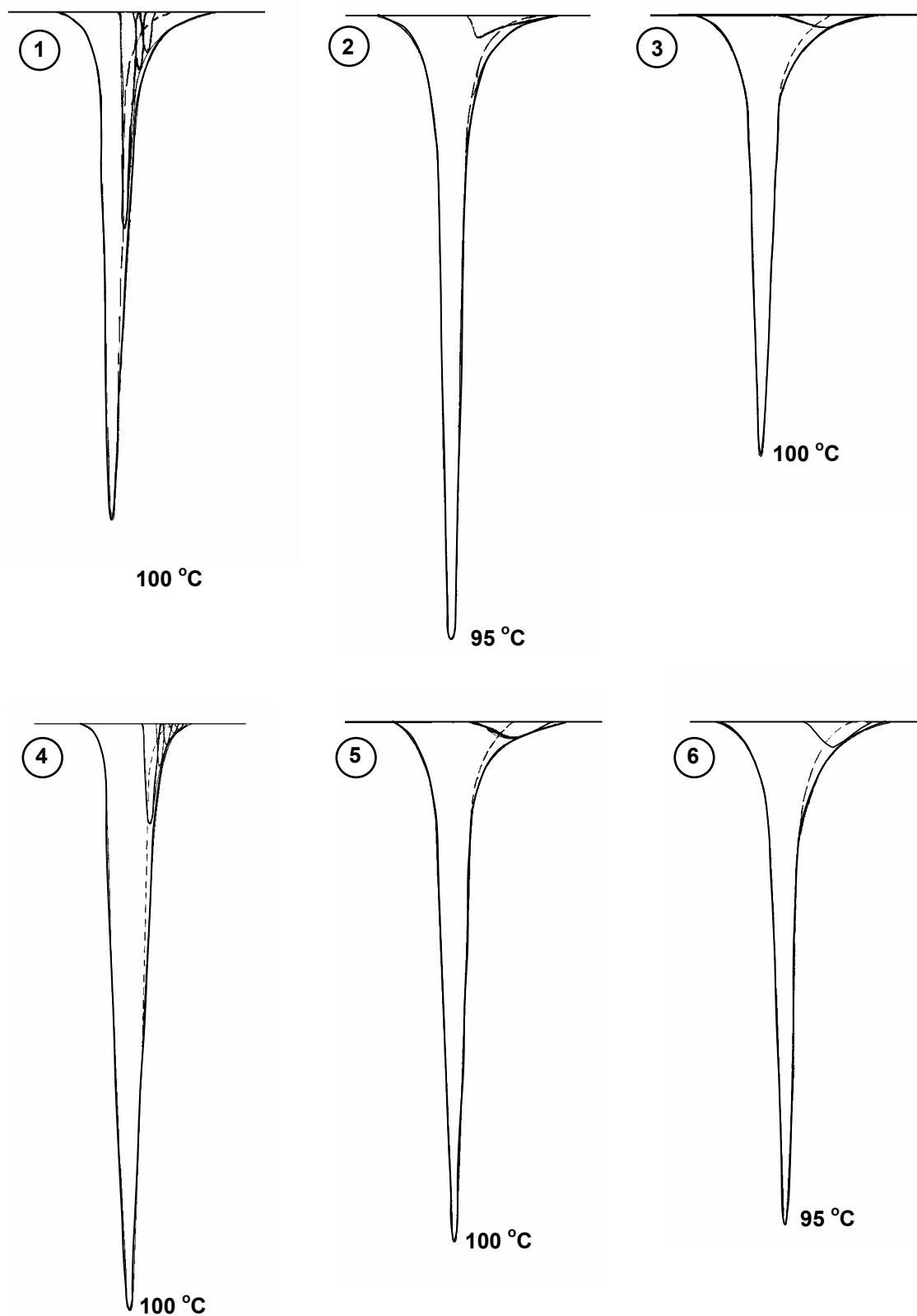


Рис.4. Ендотермічні піки вологовидалення, приведені до базової лінії:
 1 - вихідне вугілля; 2-6 - вугілля, оброблене розчинами відповідно
 2 - лігносульфонату, 3 - винної кислоти, 4 - амонію
 сірчанокислого, 5 - диетиламіну, 6 - ДБ.

плівки, що підтверджується єдиним симетричним піком в області високих температур. Очевидно тут має місце закріплення більш розгалуженого гідрофобізуючого катіону $(C_2H_5)_2NH_2^+$ на негативній вугільній поверхні. Цей катіон, напевно, значно інтенсивніше "розпушує" β -шар та "товсту плівку" води на вугільній поверхні, що, в результаті, суттєво зменшує їх структурованість та товщину.

Нейногенний ПАР – технічний продукт ДБ зменшує структурованість водної плівки за рахунок "розпушення" великими макромолекулами її зовнішніх шарів.

Залишається відкритим питання зони впливу ПАР у водній плівці на вугільній поверхні, тобто яка глибина проникнення молекул та (або) йонів ПАР у водну плівку. Для вирішення цього питання нами одержані дериватограми того ж, але повітряно-сухого вугілля ($W^a \cong 1,2\%$). При такій вологості на поверхні вугілля мають місце лише найтонші і найбільш структуровані α -плівки води [13].

Як і слід було очікувати, піки вологовидалення повітряно-сухого вугілля (рис.5) мають порівняно невелику інтенсивність, "м'які" фронти ДТГ та максимальну інтенсивність вологовидалення при 165-180 °С. Це пояснюється відповідно малою кількістю вологи, у тонких α -плівках та відносною складністю її видалення. Несиметричність в лівій частині піків пояснюється ефектом вологовидалення залишкової вологи – "товсті" плівки, капілярна та ін. воло-

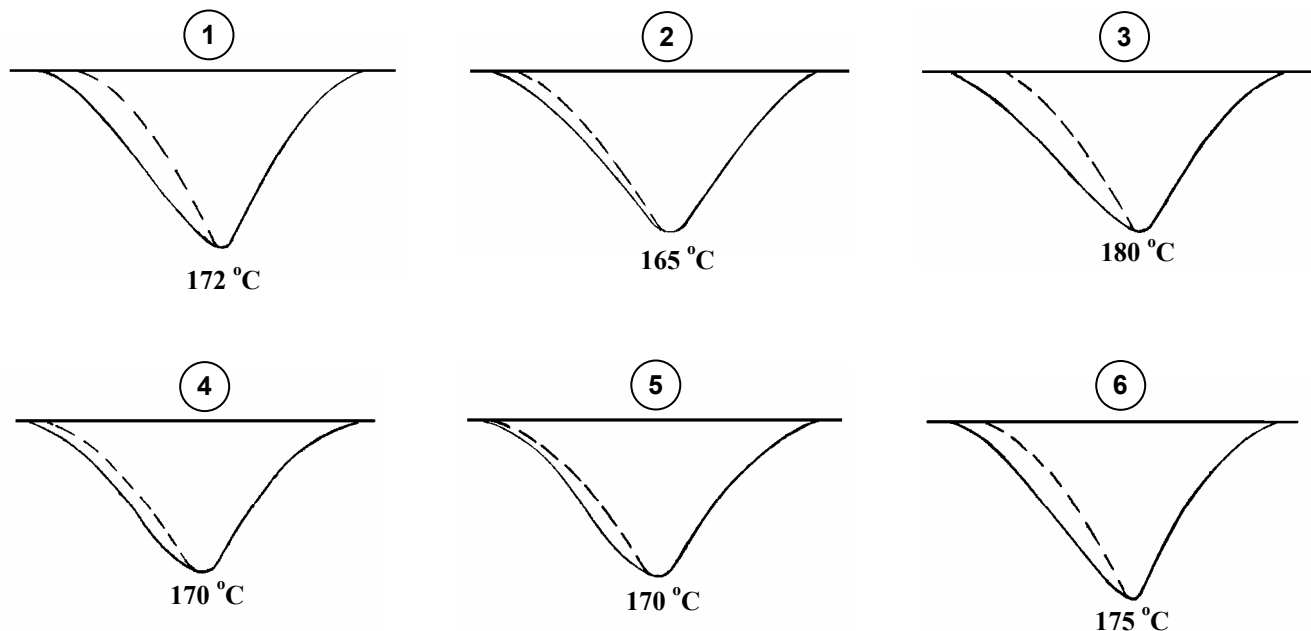


Рис.5 Ендотермічні піки вологовидалення повітряно-сухого вугілля:
1-вихідне вугілля; 2-6 – вугілля, оброблене розчинами відповідно
2- лігносульфонату, 3 - винної кислоти, 4 - амонію сірчанокислого,
5 - диетиламіну, 6 - ДБ.

га. Порівняльний аналіз одержаних піків вологовидалення показує відсутність впливу ПАР на їх характер. Це свідчить про те, що молекули (йони) ПАР суттєво не порушують структури α -плівок. Тобто вони не спроможні дієво впливати на енергію зв'язку цих плівок з вугільною поверхнею.

Отже, на другому етапі досліджень нами зафіксовано, що дія ПАР на зволене вугілля змінює енергію зв'язку у водній плівці при концентрації йоногенних ПАР на поверхнях розділу “повітря-газ” та “тверде-вода” і нейоногенних ПАР в об'ємі водної плівки. При цьому дериватографічний метод дозволяє встановити, що дія ПАР у водній плівці розповсюджується тільки в області “товстих” та β -плівок і суттєво не заторкує α -плівки.

На третьому етапі досліджень [14] виконані дериватографічні дослідження зневоднення вугілля різного ступеня вуглефікації. Як вихідне було прийняте вугілля шахти Південно-Донбаська № 1: марка ДГ, зольність 8,5 % та шахти “Червона Зірка”: марка А, зольність 9,4 %.

Застосовані такі ПАР:

катіонактивні: діетиламін, сірчаноокислий амоній;

аніонактивні: лігносульфонат, натрієва сіль валеріанової кислоти;

нейоногенні: полівініловий спирт і змочувач ДБ.

Витрати ПАР у всіх дослідах складали 100 г/т вугілля. Дослідження виконувалися на дериватографі типу МОМ – Q – 1500.

На нашу думку при аналізі впливу ПАР на обводнене вугілля слід розглядати дві поверхні, де можуть концентруватися йони ПАР: “тверде – вода” і “вода – газ (повітря)”. У випадку концентрації ПАР на границі “вода – газ” аніонактивні ПАР надають цій поверхні негативний заряд, а катіонактивні – позитивний. Ефект дії ПАР на плівку у цьому випадку залежить від знаку заряду вугільної поверхні. Якщо вона негативна, то при аніонактивних ПАР спостерігатиметься відштовхування однойменнозаряджених поверхонь “тверде – вода” і “вода – газ”, що в свою чергу послаблює сумарну енергію зв'язку $E_{\text{сум}}$ у водній плівці на вугільній поверхні.

У випадку позитивної вугільної поверхні аніонактивні ПАР викликають посилення $E_{\text{сум}}$, а катіонактивні – її зменшення.

Так як заряд вугільної поверхні має вирішальне значення для вказаного механізму дії ПАР на тонкі плівки вологи, нами попередньо методом суспензійного ефекту [15] визначено, що знак заряду поверхні досліджуваного вугілля марок ДГ та А негативний.

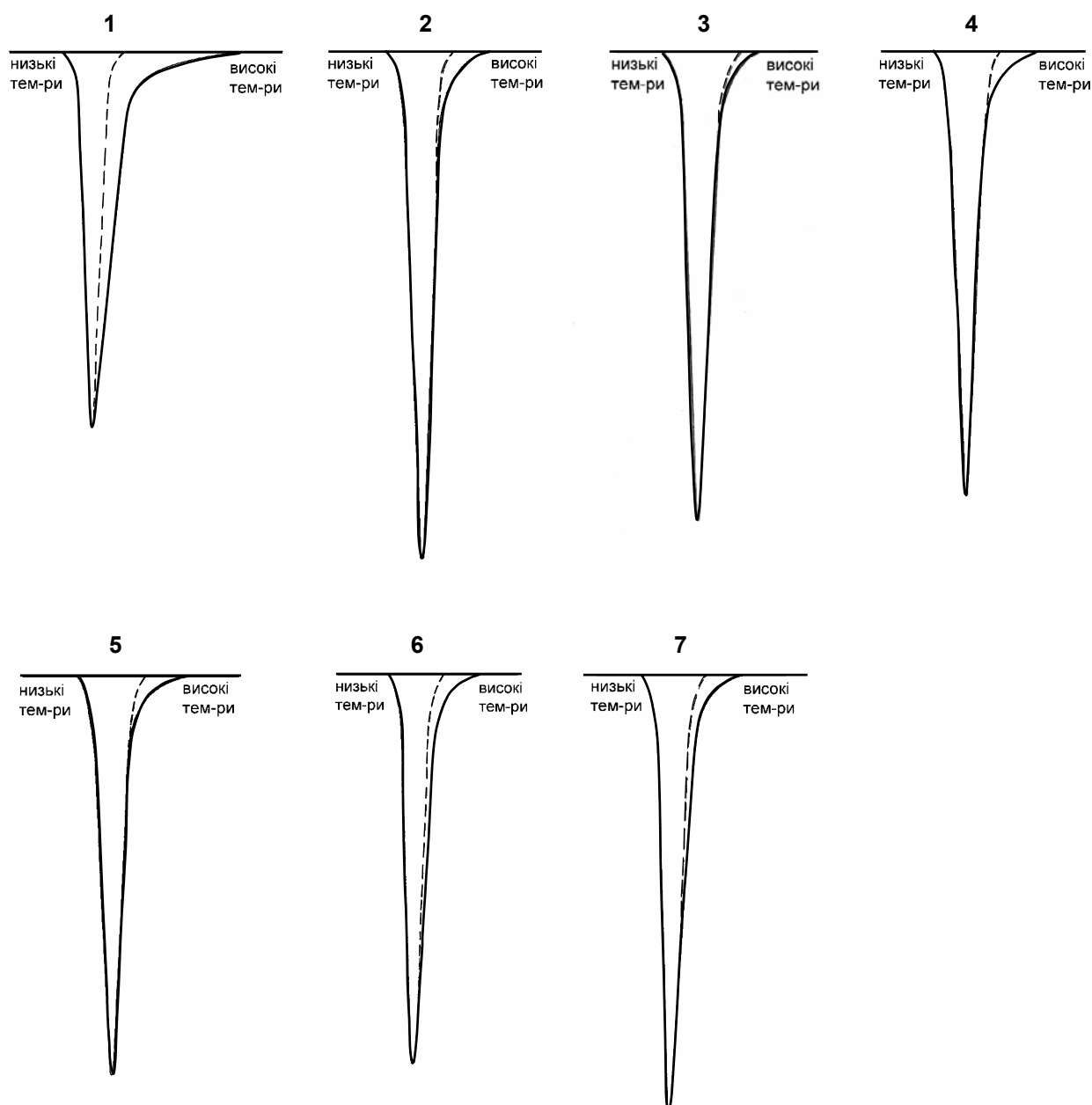


Рис.6 Ендотермічні піки вологовидалення для вугілля марки ДГ:
1 - вода (без добавки ПАР); 2 - полівініловий спирт; 3 - реагент-змочувач ДБ; 4 - натрієва сіль валеріанової кислоти;
5 - лігносульфонат; 6 - діетиламін; 7- сірчаноокислий амоній.

Що стосується нейоногенних ПАР, то їх дія на водні плівки, очевидно, зменшує структурованість водної плівки за рахунок “розпушення” великими макромолекулами її зовнішніх шарів.

Якщо йони ПАР концентруються на границі “тверде – вода”, то у випадку позитивного заряду поверхні вугілля ефект зниження $E_{\text{сум}}$ досягається при використанні аніонактивного ПАР (має місце нейтралізація гідрофобізуючим іоном R- поверхневого заряду вугілля). При негативному заряді вугільної поверхні аналогічну дію має катіонактивний ПАР.

Прокоментуємо одержані дані дериватографії. На рис. 6 і 7 представлені ендотермічні піки вологовидалення, приведені до базової лінії.

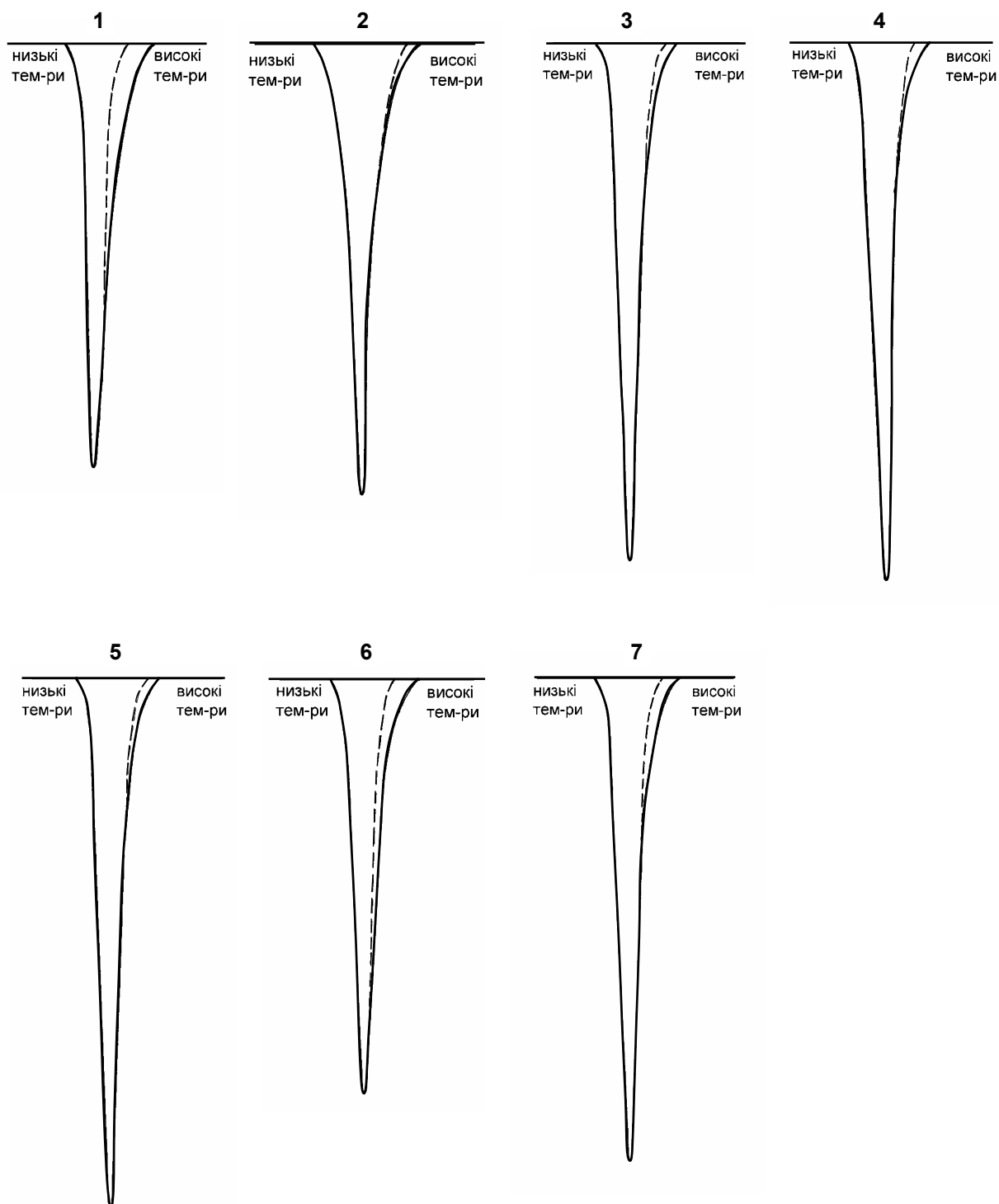


Рис.7 Ендотермічні піки вологовидалення для антрациту:
 1- вода (без добавки ПАР); 2- полівініловий спирт; 3 – реагент-змочувач ДБ; 4- натрієва сіль валеріанової кислоти;
 5- лігносульфонат; 6- діетиламін; 7- сірчаноокислий амоній.

По-перше, слід відзначити, що піки вологовидалення для вихідних проб вугілля мають порівняно велику несиметричність в області вищих температур (рис.6, пік 1 та рис.7, пік 1), що пов'язано, очевидно, з більшою товщиною (масою) та міцністю зв'язку водних плівок. При цьому товщина плівок на молодому вугіллі суттєво більша, ніж на хімічно зрілому. Це відповідає загальним уявленням про залежність вологості вугілля і, відповідно товщини плівок, від ступеня його хімічної зрілості.

По-друге, дія ПАР у всіх випадках призводить до зменшення несиметричності дериватографічних піків, тобто до зменшення частки тонких водних плівок у загальній волозі вугілля. При цьому аніонактивні та нейоногенні ПАР зменшують несиметричну область піку вологовидалення, тобто плівкову вологу значно більше, ніж катіонактивні. Це повністю відповідає теоретичним уявленням, що наведені вище. Очевидно, аніонактивні ПАР діють на водні плівки за першим механізмом, а катіонактивні – переважно за другим.

По-третє, на молодому вугіллі спостерігається більш активна дія аніонактивних ПАР, ніж нейоногенних. У хімічно зрілого вугілля ця різниця нівелюється, імовірно, за рахунок більшої природної гідрофобності.

Отже, на цьому етапі нами дериватографічним методом встановлено різний ефект дії ПАР на вугілля різного ступеня вуглефікації. Зокрема, підтверджена доцільність застосування ПАР для інтенсифікації зневоднення вугілля низької стадії вуглефікації.

Висновки, напрямом подальших досліджень. Отже, за результатами виконаних трьох етапів досліджень вдалося встановити, що:

1. Дериватографічний аналіз в принципі дозволяє ідентифікувати деякі види вологи, зокрема відрізнити плівкову від інших видів вологи. У випадку гідрофільних (гідрофілізованих) матеріалів, для яких характерна більша структурованість водних шарів на їх поверхні, цей метод дозволяє виділити окремі види плівкової вологи (імовірно, міцно зв'язану і адгезійну).

2. Встановлено, що дериватографічний метод дозволяє оцінити характер та інтенсивність впливу поверхнево-активних речовин (ПАР) на плівкову вологу на вугільній поверхні. При цьому, за даними дериватографічних досліджень, дія ПАР у водній плівці розповсюджується тільки в області "товстих" та β -плівок і суттєво не заторкує α -плівки.

3. Дериватографічні дослідження підтверджують доцільність застосування ПАР для інтенсифікації зневоднення вугілля низької

стадії вуглефікації. У випадку негативного заряду вугільної поверхні зневоднююча дія ПАР зростає в ряду: катіонактивні – нейногенні – аніонактивні.

У подальшому доцільно застосувати дериватографічний метод для дослідження впливу на систему “тверде-вода” різноманітних нових перспективних реагентів, що особливо актуально для фізико-хімічних способів інтенсифікації зневоднення. Це, по-перше, може дати змогу виявити зміну співвідношення різних видів вологи при фізико-хімічному впливі реагентів. По-друге, фіксація впливу на систему “тверде-вода” реагентів за допомогою дериватографічного методу і трактовка цих результатів сприятиме розвитку методу ДТА.

Перелік джерел

1. Бочков Ю.Н., Зарубин Л.С. Оценка эффективности механических способов обезвоживания угольной мелочи//Теория и практика угольной мелочи. Москва: Наука, 1966. – С. 5-20.
2. Бейлин М.И. Теоретические основы процессов обезвоживания углей. – Москва: Недра. – 1969. – 240 с.
3. Иванова В.П., Касатов Б.К., Красавина Т.Н., Розина Е.Л. Термический анализ минералов и горных пород. – Ленинград: Недра. – 1974. – 400 с.
4. Дериватограммы, инфракрасные и мессбауэровские спектры стандартных образцов фазового состава. – С.-Петербург: Ком-т РФ по геологии и использованию недр.– 1992. – 159 с.
5. Казанский М.Ф. Влияние температуры на состояние поглощенной капиллярной влаги в макропорах дисперсного тела//Инженерно-физический журнал. – т.4, № 3, 1961.– С. 38-43.
6. Дерягин Б.В., Овчаренко Ф.Д., Чураев Н.В. Вода в дисперсных системах. – Москва: Химия, 1989. – 286 с.
7. Гаркушин Ю.К., Шендрик Т.Г., Білецький В.С., Сергеев П.В. Застосування дериватографії для оцінки структури води на вугільній поверхні// Збагачення корисних копалин. - № 18. – 2003. С.153-158.
8. Долина Л.Ф. Интенсификация технологических процессов углеобогащения с применением поверхностно-активных веществ // Черметинформация, - вып. 2, сер.10. - 1977.
9. Каминский В.С., Барбин М.Б., Долина Л.Ф. Интенсификация процессов обезвоживания. - М.: Недра, 1982.- 224 с.
10. Гаркушин Ю.К., Сергеев П.В., Белецкий В.С. Проблема интенсивного механического обезвоживания тонкодисперсных углей // Збагачення корисних копалин. – вип. 8(49), - 2000. – С. 111- 119.
11. Гаркушин Ю.К., Білецький В.С., Сергеев П.В., Шендрик Т.Г. Дериватографічні дослідження процесу зневоднення вугілля з використанням поверхнево-активних речовин-інтенсифікаторів// Збагачення корисних копалин. - № 19. – 2004. С.72-77.
12. Саранчук В.И., Айруни А.Т., Ковалев К.Е. Надмолекулярная организация угля. – К.: Наукова думка, - 1988. – 192 с.
13. Дерягин Б.В., Овчаренко Ф.Д., Чураев Н.В. Вода в дисперсных системах. – Москва: Химия, 1989. – 286 с.
14. Гаркушин Ю.К., Білецький В.С., Сергеев П.В. Дериватографічні дослідження інтенсивної технології зневоднення вугілля різного ступеня вуглефікації // Збагачення корисних копалин. - № 23. – 2005. С. 133-136.
15. Чернобережский Ю.М., Зубкова С.Н., Усанова С.Д. Исследование суспензионного эффекта // Коллоидный журнал, 1965, т.27, вып.5.- с.780-783.

Дата поступления статьи в редакцию: 31.10.07