

**П.В. СЕРГЄЄВ**, д-р техн. наук,

**В.С. БІЛЕЦЬКИЙ**, д-р техн. наук

(Україна, Донецьк, Донецький національний технічний університет)

## ПРАКТИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ЕЛЕКТРОПОВЕРХНЕВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВУГІЛЬНИХ ЧАСТИНОК У ВОДНИХ СУСПЕНЗІЯХ

*Постановка проблеми і стан її вивчення.* Оскільки заряд поверхні вугільних частинок у воді має значний вплив на процеси селективної флокуляції гідрофобними органічними речовинами, приготування висококонцентрованого водовугільного палива, оцінка електроповерхневих властивостей твердих компонентів суспензій має важливе значення. Аналіз робіт, присвячених цьому питанню, показав, що результати вимірювання електрокінетичного потенціалу вугільних частинок неоднозначні, і дуже часто суперечливі навіть в межах однієї і тієї ж марки вугілля [1]. Абсолютне значення  $\zeta$ -потенціалу вугільних частинок, а також його знак, залежать не тільки від властивостей поверхні, але і від умов проведення експериментів. Виходячи з наведених протиріч, з'являється необхідність у підвищенні достовірності результатів експериментів шляхом співставлення даних, одержаних декількома способами досліджень.

*Мета роботи* – вибір і опис раціональних способів дослідження електроповерхневих властивостей вугільних частинок у водних суспензіях.

*Виклад основного матеріалу.* Нами розглянуто дві методики оцінки електроповерхневих властивостей вугільних частинок у водних суспензіях:

– оцінка електроповерхневих властивостей вугільних частинок методом суспензійного ефекту;

– вимірювання  $\zeta$ -потенціалу частинок методом електроосмосу.

Методика оцінки поверхневого заряду вугільних частинок на основі суспензійного ефекту полягає в тому, що з приведеної до рівноваги дисперсної системи відокремлюють прозорий фільтрат, вимірюють рН суспензії, що залишилася ( $pH_c$ ) та фільтрату ( $pH_f$ ). Відносна величина заряду дисперсної фази та її знак оцінюються показником суспензійного ефекту  $\Delta pH$  [2]:

$$\Delta pH = pH_c - pH_f. \quad (1)$$

У відповідності з цим зразки досліджуємого вугілля приводяться до сорбційної рівноваги з водними розчинами  $NaOH$  і  $HCl$ , що забезпечують межі рН суспензії від 2 до 12. Рівновагу вважають досягнутою, коли різниця в рН декантируємого і нового доданого розчину не перевищує похибки вимірювання (0,01 рН). Рівновага суспензії досягається через дві доби. Оскільки величина  $\Delta pH$  залежить від концентрації твердої фази в суспензії, вона витримується на одному рівні – 30% мас. Режим центрифугування та кількість фільтрату, що відбирався для вимірювань, також стабілізується.

## Спеціальні та комбіновані методи

Вимірювання  $pH$  здійснюється за допомогою іономера І-115М, котрий попередньо тарюється з використанням контрольних буферних розчинів. Розрахунок показника суспензійного ефекту здійснюється рівняння (1). Результати вимірювань усереднюються по 4-5 замірах. Довірчий інтервал складає  $\Delta x = \pm 0,015 pH$ .

Відповідно до загальноприйнятої моделі подвійного електричного шару (ПЕШ), електрокінетичний потенціал складає частину повного або термодинамічного потенціалу поверхні. Останній залежить в основному від вмісту в розчині потенціал-визначаючих іонів, тоді як  $\zeta$ -потенціал визначається розподілом протиіонів у ПЕШ. Чим більше в розчині іонів однакового знака з протиіонами, тим менше значення приймає  $\zeta$ -потенціал; при визначених концентраціях електроліту в розчині система може переходити в ізоелектричний стан, коли значення  $\zeta$ -потенціалу стає рівним нулеві.

ПЕШ у дисперсних системах визначає характер електрокінетичних явищ: електроосмосу, електрофорезу, ефекту Дорна і виникнення потенціалу протікання.

Розглядаючи *електроосмос* як течію рідини в пористому середовищі під впливом зовнішнього електричного поля, Гельмгольц і Смолуховський розробили теорію [3], відповідно до якої електрокінетичний потенціал визначається виразом:

$$\zeta = \frac{\mu \cdot \chi \cdot v}{D \cdot D_o \cdot I}, \quad (2)$$

де  $\mu$  – в'язкість рідкої фази, Н·с/м<sup>2</sup>;  $\chi$  – питома електропровідність порової рідини, Ом<sup>-1</sup>· м<sup>-1</sup>;  $v$  – об'ємна швидкість електроосмосу, м<sup>3</sup>· с<sup>-1</sup>;  $D$  – діелектрична проникність рідини;  $D_o$  – абсолютна діелектрична проникність у вакуумі;  $I$  – сила струму, А.

Величина питомої електропровідності порової рідини, як показано в роботах Бікермана, Фрідріхсберга та ін., складається з питомої електропровідності вільного розчину ( $\chi_v$ ) і поверхневої провідності ( $\chi_s$ ) іонів ПЕШ діафрагми, тобто:

$$\chi = \chi_v + \chi_s.$$

Урахування поверхневої провідності дозволяє істотно знизити аномальну залежність  $\zeta$ -потенціалу від дисперсності компонентів діафрагми.

Як зазначалося, результати досліджень електрокінетичних явищ на вугіллі носять іноді суперечливий характер, тому що абсолютні значення  $\zeta$ -потенціалу вугілля є величинами мінливими та такими, що важко відтворюються [1, 4]. З цим положенням слід погодитися, тому що в структурно-хімічному відношенні поверхня різних марок вугілля надзвичайно різноманітна. Неоднорідність пов'язана насамперед з наявністю в макромолекулі вугілля бічних ланцюгів з ге-

## Спеціальні та комбіновані методи

тероатомами кисню, сірки, азоту; присутністю гідроксильних, карбонільних і інших функціональних груп, а також активних радикалів з вільними валентностями. У результаті в системі "вугілля – розчин" на поверхні вугільних частинок утворюється безліч різноманітних активних центрів, що обумовлюють "мозаїчний" характер поверхні. Усе це приводить до деякої умовності поняття про однорідний ПЕШ на границі "вугілля – рідина". Разом з тим дослідження електричних властивостей поверхні може дати важливу інформацію якісного плану про механізм взаємодії дисперсних частинок вугілля у водному середовищі при селективній флокуляції.

Схема установки для електростатичних досліджень (конструкція Ю. Папушина) показана на рис. 1. Установка дозволяє визначати величину осмотичного переміщення рідини, її питому електропровідність і поверхневу провідність порошкової діафрагми.

Електроосмотична установка (ЕОУ) виконана з органічного скла і містить елементи:

- знімна склянка для досліджуваного порошку;
- бічні камери;
- градуйовані капіляри;
- електролітичні агарові ключі;
- допоміжні бюретки;
- платинові плоскі електроди;
- знімні фільтри;
- платинові стрижневі електроди;
- електролітичні посудини з мідними електродами.

Електрична схема зовнішніх з'єднань ЕОУ представлена на рис. 2.

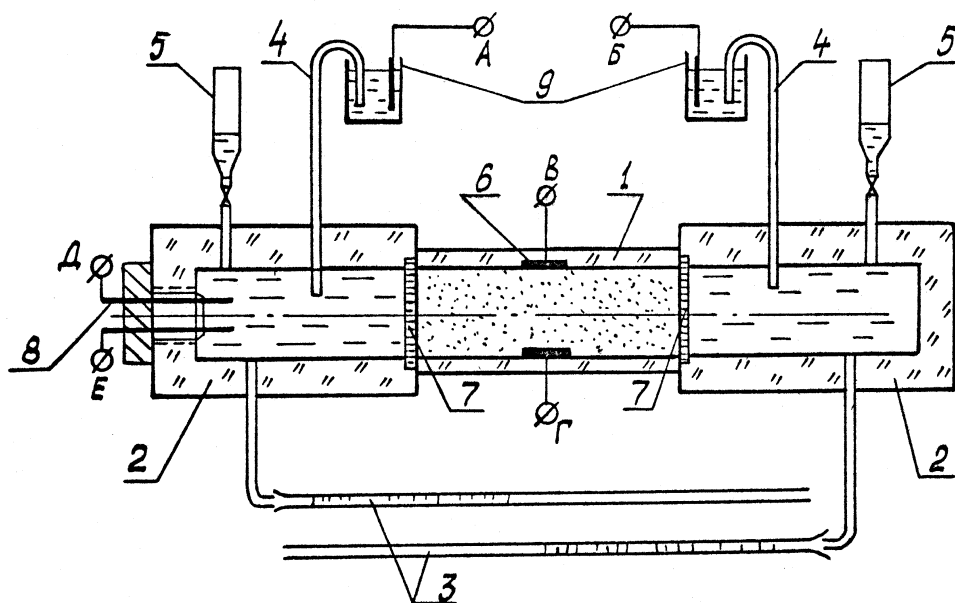


Рис. 1. Схема електроосмотичної установки (ЕОУ) для визначення  $\zeta$ -потенціалу

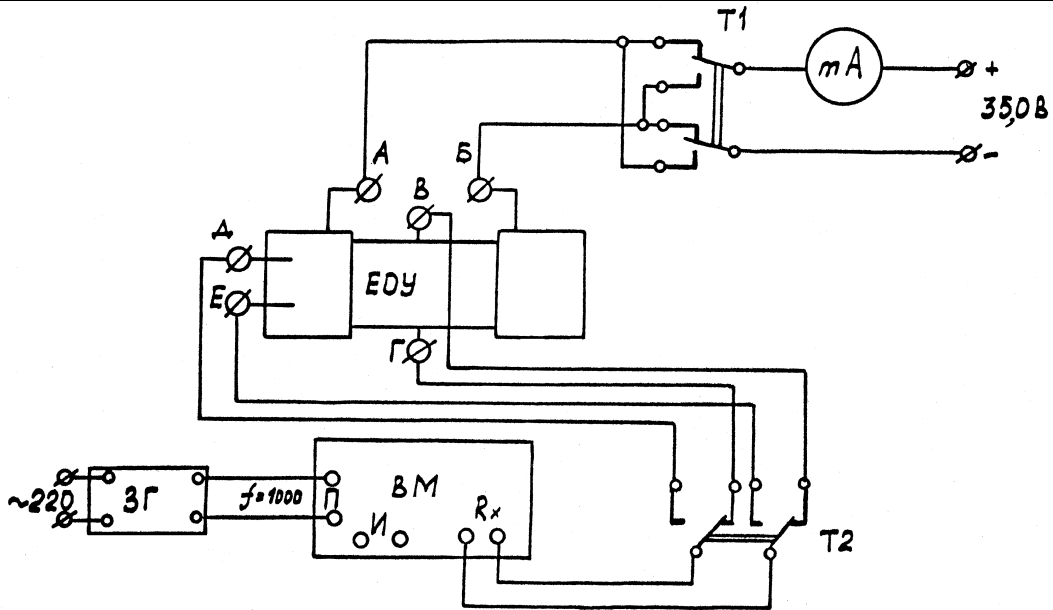


Рис. 2. Схема зовнішніх з'єднань електроосмотичної установки

Для зміни напрямку електроосмотичного переносу рідини служить перемикач Т1, контроль струму здійснюється міліамперметром з межами вимірювання 0-10 мА. Визначення електропровідності розчину ( $\chi_v$ ) і поверхневої провідності діафрагми ( $\chi_s$ ) здійснюється за допомогою електродів (8) і (6), вимірювального моста (ВМ) і генератора (ЗГ), що працює на частоті 1000 Гц.

Методика вимірювання  $\zeta$ -потенціалу. Досліджуваний вугільний порошок вузького класу крупності 50-100 мкм приводиться до необхідного ступеня сорбційної рівноваги з рідкою фазою визначеного іонного складу. В вологому стані проба вугілля поміщається в знімну склянку (1), один торець якого закритий фільтром (7), і ущільнюється вібраційним впливом до заповнення. Закрита другим фільтром склянка з отриманою діафрагмою затискається між бічними камерами (2), після чого установка через бюретки (5) заповнюється бічною рідиною до повного витиснення повітряних порожнин. За допомогою кранів бюреток виставляються меніски горизонтальних капілярів на нульові оцінки. Від джерела постійного струму через електролітичні ключі подається напруга і фіксується час початку електроосмотичного переносу (ЕОП).

Для зниження впливу хімічного "отруєння" діафрагми, сумарний час вимірювання обмежується 20-25 секундами. Величина об'ємного ЕОП оцінюється зсувом менісків у капілярах за фіксований час.

Після виконання дослідів по ЕОП вимірюється об'ємна і поверхнева провідності компонентів системи. Питома електропровідність розчину в об'ємі ( $\chi_v$ ) і провідність цього ж розчину з діафрагмою ( $\chi_s$ ) розраховуються по величині опору вільної рідини ( $R_v$ ), з діафрагмою ( $R_g$ ) і константам установки ( $C_v$  і  $C_g$ ):

$$\chi_v = \frac{C_v}{R_v} ; \quad \chi_s = \frac{C_g}{R_g}.$$

Значення  $R_v$  і  $R_g$  визначаються відомим мостовим способом за схемою, показаною на рис. 2. Постійні установки  $C_v$  і  $C_g$  знаходяться попередньо з використанням еталонних електролітів як, наприклад, показано в [5].

При розрахунку  $\zeta$ -потенціалу вугільних частинок за рівнянням (2) приймають такі значення констант:  $\mu = 0,001$  Па·с;  $D = 81$ ;  $D_o = 8,854 \cdot 10^{-12}$  А·с/ В·м.

### Висновки

1. Для підвищення достовірності і точності результатів дослідження електроповерхневих властивостей вугільних частинок у водних суспензіях доцільно одночасно використовувати суспензійний ефект та осмос, порівнюючи отримані дані.

2. У випадку, коли ставиться задача визначення тільки знаку заряду вугільних частинок можна обмежитися використанням одного методу – суспензійного ефекту.

### Список літератури

1. Назаренко В.М., Могилевская Е.Е., Шантер Ю.А. О связи между электрокинетическим потенциалом и флотацией // Обогащение и брикетирование углей. – М.: ЦНИЭИУголь, 1969. – № 2. – С. 12-13.
2. Исследование суспензионного эффекта / Ю.М. Чернобережский, Ю.Н. Зубкова, С.Д. Усанова, Л.В. Афанасьева // Коллоидный журнал. – 1965. – Т. 27. – № 5. – С. 780-783.
3. Духин С.С., Дерягин Б.В. Электрофорез. – М.: Наука, 1976. – 324 с.
4. Зубкова Ю.Н., Лопанов А.И. Особенности электроповерхностных свойств углеродистых веществ в растворах электролитов и их связь с флотацией // Химия твердого топлива. – 1982. – №2. – С. 100-102.
5. Айвазов Б.В. Практикум по химии поверхностных явлений и адсорбции. – М.: Высшая школа, 1973. – 208 с.

© Сергеев П.В., Білецький В.С., 2013

*Надійшла до редколегії 12.09.2013 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.І. Назимко*