

## АДСОРБЦІЯ ФЕНОЛЬНИХ СПОЛУК АКТИВОВАНИМ ВУГІЛЛЯМ, УТВОРЕНИМ ПРИ КАРБОНІЗАЦІЇ БУРОГО ВУГІЛЛЯ З ГІДРОКСИДОМ КАЛІЮ

© Ю.В. Тамаркіна<sup>1</sup>, І.Б. Фролова<sup>2</sup>, О.О. Величко<sup>3</sup>, В.О. Кучеренко<sup>4</sup>

Інститут фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України, 02160, м. Київ, вул. Харківське шосе, 50, Україна

<sup>1</sup> Тамаркіна Юлія Володимирівна, канд. хім. наук, с.н.с., старш. наук. співр. відділу хімії вугілля (ВХО), e-mail: [Tamarkina@nas.gov.ua](mailto:Tamarkina@nas.gov.ua)

<sup>2</sup> Фролова Ірина Борисівна, канд. хім. наук, наук. співр. ВХО, e-mail: [I.B.Frolova@nas.gov.ua](mailto:I.B.Frolova@nas.gov.ua)

<sup>3</sup> Величко Оксана Олександрівна, мол. наук. співр. ВХО, e-mail: [ovkissa@gmail.com](mailto:ovkissa@gmail.com)

<sup>4</sup> Кучеренко Володимир Олександрович, докт. хім. наук, с.н.с., завідувач ВХО, e-mail: [V.O.Kucherenko@nas.gov.ua](mailto:V.O.Kucherenko@nas.gov.ua)

Мета роботи – визначити адсорбційну здатність активованого вугілля (АВ) з бурого вугілля по відношенню до фенолу (Ф) і 4-хлорфенолу (ХФ) та вплив на неї температури утворення АВ при карбонізації з гідроксидом калію.

Зразки АВ отримано нагріванням з КОН (1 г/г, 1 год) при заданій температурі в межах  $t = 400-800$  °С та позначено як АВ(t). Характеристики пористості АВ визначено за ізотермами низькотемпературної (77 К) адсорбції – десорбції азоту (прилад Micromeritics ASAP 2020), які розраховували методом 2D-NLDFT. Вони наступні: сумарний об'єм пор  $V_t$  (см<sup>3</sup>/г), питома поверхня пор  $S$  (м<sup>2</sup>/г), об'єм ( $V_{mi}$ ) і поверхня ( $S_{mi}$ ) мікропор, об'єм ( $V_{1nm}$ ) і поверхня ( $S_{1nm}$ ) субнанопор, сумарна поверхня мезо- і макропор  $S_{me+ma}$ . Адсорбцію фенолу та 4-хлорфенолу визначали при рівноважних концентраціях в водних розчинах  $\leq 5$  ммоль/л (25 °С).

Встановлено, що температура лужної карбонізації бурого вугілля є ключовим фактором утворення мікро- і субнанопор, росту питомої поверхні АВ (з 12,8 м<sup>2</sup>/г до 1142 м<sup>2</sup>/г) та адсорбційної активності по відношенню до фенольних сполук. Її підвищення до 800 °С викликає експоненціальне збільшення адсорбційної ємності АВ в 8,7 разів (Ф) та 6,7 разів (ХФ), що є пропорційним концентрації поверхневих адсорбційних центрів (АЦ). Визначено значення ефективної енергії активації утворення АЦ, активних по відношенню до адсорбатів: 29,5 кДж/моль (Ф) та 31,5 кДж/моль (ХФ). Знайдено, що кінетика поглинання Ф і ХФ підпорядковується моделі псевдо-другого порядку, а швидкість адсорбції лімітується взаємодією молекул адсорбату з АЦ. Ізотерми адсорбції при рівноважних концентраціях  $\leq 5$  ммоль/л апроксимуються моделлю Ленгмюра ( $R^2 \geq 0,994$ ). Порівняно з Ф, ступінь вилучення ХФ значно вища, що є наслідком його міцнішого зв'язку з поверхнею АВ. Питома адсорбційна ємність за Ф і ХФ показує різке зменшення (в 10-16 разів) при збільшенні температури карбонізації з 400 до 550 °С і слабку температурну залежність при 550-800 °С. В цьому інтервалі утворюються АВ з близькими концентраціями АЦ, але різними для різних фенольних сполук. Постульовано, що адсорбція на буровугільних АВ включає  $\pi$ - $\pi$  взаємодію, формування електронодонорнацепторних комплексів та утворення водневих зв'язків, але їх вклад залежить від природи адсорбату та змінюється з ростом температури лужної карбонізації.

Ключові слова: буре вугілля, лужна карбонізація, активоване вугілля, пористість, адсорбція, фенол, 4-хлорфенол.

Автор для листування Тамаркіна Ю.В., e-mail: [Tamarkina@nas.gov.ua](mailto:Tamarkina@nas.gov.ua)