

NOWOŚCI ■ KOMUNIKATY ■ OPINIE

Ladislav Varcl

WYKORZYSTANIE TESTÓW ADSORPCJI
DO PROJEKTOWANIA UKŁADÓW ADSORPCYJNYCH

Postępujące zanieczyszczenie wód powierzchniowych (a ostatnio także wód podziemnych) związkami organicznymi powoduje, że w systemach uzdatniania wody musi być stosowany coraz częściej proces adsorpcji na pylistym lub granulowanym węglu aktywnym. Ponieważ woda naturalna jest mieszaniną wielu różnych związków (których zawartość określa się zazwyczaj za pomocą takich parametrów jak BZT₅, ChZT, barwa i in.), dlatego też znajomość wyłącznie składu fizyczno-chemicznego wody oraz właściwości fizycznych węgla aktywnego, nie wystarcza do zaprojektowania procesu adsorpcji. W celu właściwego zaprojektowania układu adsorpcyjnego niezbędne jest przeprowadzenie odpowiednich testów i badań procesu adsorpcji w warunkach rzeczywistych. Badania te są konieczne również w celu dokonania wyboru rodzaju węgla aktywnego oraz przyjęcia parametrów technologicznych zapewniających wymaganą jakość uzdatnionej wody. Badania procesu adsorpcji obejmują zazwyczaj:

- test statyczny, służący do wyznaczenia izotermy adsorpcji (zależność wydajności adsorpcji od stężenia adsorbentu),
- test kolumnowy, służący do określenia dynamicznego zachowania się układu adsorpcyjnego (zależność stężenia adsorbentu na wylocie z kolumny od czasu jej pracy, przy stałej prędkości przepływu i stałym stężeniu początkowym sorbatu na wlocie do kolumny).

W celu przeniesienia wyników uzyskanych w testach laboratoryjnych do warunków w skali technicznej, konieczny jest wybór metody interpretacji wyników testów oraz odpowiedniego modelu matematycznego do opisu procesu adsorpcji. Model matematyczny opisujący adsorpcję związków rozpuszczonych z roztworu na ustalonym złożu adsorbentu, przy odpowiednich założeniach [1] można zapisać w postaci:

$$-\frac{\partial a}{\partial \tau} + v \frac{\partial c}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial a}{\partial \tau} = \beta(c - F(a))$$

$$c(0, \tau) = c_0; \quad a(x, 0) = a_1(x) = 0; \\ 0 \leq x \leq L$$

w którym:

a — stężenie adsorbentu w adsorbencie (wydajność adsorpcji),

Ing. L. Varcl: CKD Dukla, Výzkumný ústav úpravy vody, Pernerova 55, 186 06 Praha 8, CSRS.

c — stężenie adsorbentu w roztworze,

v — średnia prędkość przepływu przez kolumnę,

L — całkowita wysokość złoża adsorbentu,

β — kinetyczny współczynnik przenoszenia masy,

c_0 — stężenie adsorbentu na wlocie do kolumny,

$\tau = t - x/v$ — charakterystyczny czas, obliczony od momentu utworzenia się frontu adsorpcji (x),

F(a) — stężenie adsorbentu w roztworze w stanie dynamicznej równowagi ze stężeniem adsorbentu na zewnętrznej powierzchni adsorbentu.

Rozwiązanie układu równań (1), dla systemów adsorpcyjnych opisanych wypukłą izotermą Langmuira, można zapisać w postaci równania Zabiezińskiego — Żukowickiego — Tichonowa [2]:

$$t = \frac{\varepsilon x}{v} + \frac{a_0}{vc_0} \left\{ x - \frac{v}{\beta} \right. \quad (2)$$

$$\left. \left[\frac{1}{p_0} \ln \left(\frac{c_0}{c} - 1 \right) + \ln \frac{c_0}{c} - 1 \right] \right\}$$

w którym:

ε — porowatość złoża adsorbentu,

a_0 — maksymalna wydajność adsorpcji,

$$p_0 = c_0/c_{0,5}$$

$c_{0,5}$ — stężenie adsorbentu w roztworze odpowiadające połowie maksymalnej wydajności adsorpcji.

W celu wykorzystania tego równania do interpretacji badań adsorpcji niezbędne jest określenie wartości współczynnika kinetycznego przenoszenia masy (β). Współczynnik ten może być wyznaczony z równań korelacyjnych kryterialnych liczb Nusselta, Prandtla i Reynoldsa [3], co jednak wiąże się z trudnościami w określeniu wartości współczynnika dyfuzji adsorbentu w roztworze. Współczynnik β nie jest zdefiniowany dla substancji występujących w wodach naturalnych, lecz może być wyznaczony z danych uzyskanych w testach kolumnowych. W tym celu formułę (2) można przekształcić do równania:

$$t = A + B \cdot C \quad (3)$$

w którym:

$$A = \frac{\varepsilon L}{v} + \frac{a_0 L}{vc_0}$$

$$B = \frac{a_0}{\beta c_0}$$

$$C = \frac{1}{p_0} \ln \left(\frac{c_0}{c} - 1 \right) + \ln \frac{c_0}{c} - 1$$

Wyznaczenie współczynnika kinetycznego przenoszenia masy w testach kolumnowych umożliwia wykorzystanie równania (3) do projektowania oraz sterowania i optymalizacji przepływowych układów adsorpcyjnych w warunkach technicznych [4, 5]. Powyższego modelu nie należy jednak wykorzystywać do interpretacji wyników badań adsorpcji uzyskanych w testach kolumnowych na złożach fluidalnych [6].

LITERATURA

1. J.C. CRITTENDEN. *Mathematic Modeling of Fixed Bed Adsorber Dynamics-Single Component and Multicomponent*. Ph. D. Thesis. Univ. of Michigan, Ann Arbor 1976.
2. J.L.ZABEZINSKI, A.A. ŽUCHOVICKIJ, A.N. TICHONOV: Pogłoszczenie gaza iz toka vozducha stojem zernistogo materiala. *Z. fiz. chim.* 1949, t. 23, No. 2, s. 192—201.
3. A.M. KOGANOVSKI, T.M. LEVCZENKO, I.G. RODA, R.M. MARUTOWSKI: Adsorbicijonnaja tehnologija oczystki stocznych vod. *Technika*, Kijev 1981.
4. I.G. RODA, P.F. ŽUK: Model raboty kaskada apparatov s nepodviznym stojem adsorbenta v suczajie vypuklych izoterm sorbcji. *Chim. technol. vody*, 1986, t. 8, No. 2, 7—10.
5. R.G. PEEL: *The Roles of Slow Adsorption Kinetics and Bioactivity in Modeling of Activated Carbon Adsorbers*. Ph. D. Thesis, McMaster Univ. Hamilton 1979.
6. L. VARCL: Testy sorbitivity v úpravě vody. *Mat. Konf. „AQUA 86”*, Litvinov (CSRS) 1986, s. 350—3.

L. Varcl

RESULTS OF ADSORPTION
TESTS: A USEFUL TOOL FOR
THE DESIGNER OF AN ADSORPTION
SYSTEM

The paper gives methods of determining the technological and designing parameters for the adsorption process by static and column tests. Determined is the kinetic coefficient of mass transfer incorporated in the Zabiezinskii — Zhukovskii — Tichonov (ZZT) equation for the design, control and optimization of through-flow systems.