

OPTIMIZAREA PROCESULUI DE DECOLORARE A UNUI EFLUENT FOLOSIND METODA SUPRAFETEI DE RĂSPUNS

Ema SAVA¹, Loredana PINTILIE², Mircea Teodor NECHITA^{*3}

¹Departamentul de Inginerie Chimică, masterand, Facultatea de Inginerie Chimică și Protecția Mediului „Cristofor Simionescu”, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Iași, România

²Departamentul de Ingineria și Managementul Mediului, doctorand, , Facultatea de Inginerie Chimică și Protecția Mediului „Cristofor Simionescu”, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Iași, România

³Departamentul de Inginerie Chimică, Facultatea de Inginerie Chimică și Protecția Mediului „Cristofor Simionescu”, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Iași, România

*Autorul corespondent: Mircea Teodor Nechita, e-mail: mircea-teodor.nechita@academic.tuiasi.ro

Rezumat. Acest articol are ca scop evidențierea avantajelor utilizării tehnicilor de programare a experimentelor și a procedurilor de optimizare în vederea creșterii randamentului unui proces. Ca studiu de caz a fost ales procesul de decolorare a unui efluent contaminat cu negru eriocrom T prin adsorbție pe cărbune activ, iar ca procedeu de optimizare s-a ales metoda suprafeței de răspuns (RSM). Studiul experimental a fost realizat considerând trei parametri de proces: concentrația de colorant (CC), cantitatea de cărbune activ (CA) și timpul de contact (t). Interacțiunea dintre parametri și influența lor asupra eficienței procesului de decolorare a fost optimizată cu ajutorul RSM, iar rezultatele obținute au fost validate experimental.

Cuvinte cheie: cărbune activ, decolorare, metoda suprafeței de răspuns, negru eriocrom T, optimizare

Introducere

În scopul cosmetizării produselor, marea majoritate a ramurilor industriale folosesc o gamă largă de pigmenți și coloranți naturali și artificiali, iar aceasta a condus inevitabil la apariția problemelor legate de decolorarea efluenților. Odată cu evoluția industriei pigmenților și vopselelor au evoluat și tehnologiile folosite pentru decolorarea apelor contaminate cu aceste categorii de substanțe, recunoscute atât pentru toxicitatea lor cât și pentru rezistența la tratamentele fizico-chimice obișnuite [1, 2].

Azo-coloranții, categorie în care se încadrează și Negru eriocrom T (NET), reprezintă cea mai mare clasă de coloranți, constituind una dintre principalele surse de poluare a apelor [3]. Cunoscut mai mult pentru utilizarea ca indicator complexometric, NET are numeroase aplicații în industria textilă, pielărie, în industria cauciucului, în industria farmaceutică și altele, iar eliminarea acestuia din apele uzate este deosebit de importantă. Din acest motiv, au fost elaborate o mulțime de procedee de decolorare a apelor contaminate cu NET, dintre care cele mai populare sunt degradarea fotocatalitică [4-6] și adsorbția pe cărbune activ [7, 8] sau alți adsorbanti [9, 10].

Propusă de Box și Hunter la jumătatea secolului trecut, metoda suprafeței de răspuns este considerată în zilele noastre ca o metodă clasică de optimizare, fiind utilizată în numeroase domenii [11], inclusiv în protecția mediului [12]. Mai mult decât atât, numeroase metode moderne de optimizare se bazează în primă fază pe modelele obținute folosind RSM [13, 14].

În această lucrare este prezentat ca studiu de caz optimizarea procesul de decolorare prin adsorbție pe cărbune activ a apelor contaminate cu negru eriocrom T. Parametrii de proces luați în considerare au fost: concentrația colorantului, cantitatea de adsorbant și timpul de contact. Valorile optime, identificate cu ajutorul metodei suprafeței de răspuns, au fost validate experimental.

Materiale și metode

Soluția de colorant a fost preparată folosind apă bidistilată și pigment NET furnizat de S. C. ChimReactiv Ltd. Cărbunele activ achiziționat de la Romcarbon S.A. Buzău, a fost caracterizat într-un studiu anterior [15], fiind aplicat cu succes pentru decolorarea unor soluții de lichior negru din industria celulozei [13] și de verde de bromcresol [14].

Pentru înregistrarea absorbanelor a fost folosit spectrofotometrul JASCO V-550 UV-VIS. Separarea particulelor de CA a fost făcută prin filtrare cu discuri filtrante de 0.22 μm .

În vederea optimizării și modelării procesului de decolorare a NET s-a utilizat modelul Central Compozite Design (CCD), luând în considerare cantitatea de CA ($Z1 - \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), timpul de contact dintre faze ($Z2 - \text{min}$) și concentrația colorantului ($Z3 - \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$). Domeniile de variație și nivelurile variabilelor independente analizate în acest studiu sunt prezentate în Tab. 1.

Tabelul 1

Nivelurile codate și valorile reale ale variabilelor

Factorii codați	X	-1.215	-1	0	1	1.215
Factorul la scară naturală	Z1	0.0013	0.04	0.22	0.4	0.4387
	Z2	4.625	10	35	60	65.375
	Z3	0.325	10	55	100	109.675

Procedura experimentală

Soluțiile de NET având concentrațiile prestabilite corespunzător CCD au fost puse în contact cu cantitatea adecvată de CA pentru o perioadă bine stabilită de timp, conform valorilor furnizate de CCD. Pentru evitarea decantării CA soluțiile au fost menținute sub agitare constantă la o turație de 100 $\text{rot}\cdot\text{min}^{-1}$.

Pentru a analiza desfășurarea procesului de decolorare a fost monitorizată valoarea de 535 nm a absorbanelor soluțiilor. Dependenta dintre concentrația colorantului și absorbanta a fost determinată cu ajutorul curbei de etalonare prezentate în Fig. 1:

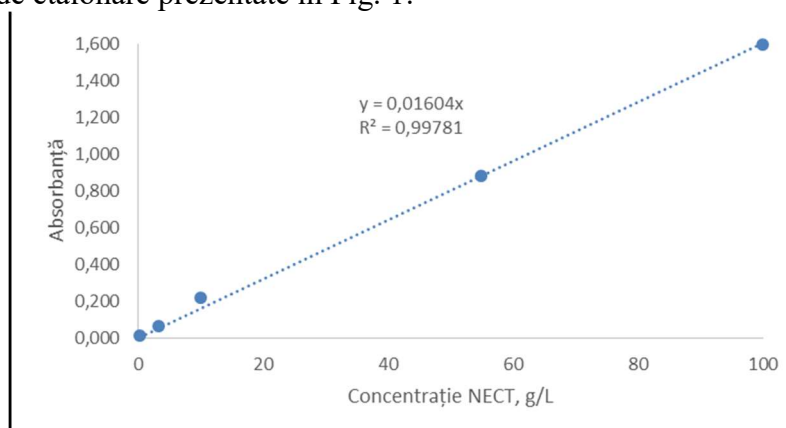


Figura 1. Curba de etalonare absorbanta – concentrație pentru soluțiile de NET

Randamentul decolorării NET, η (%), a fost calculat folosind Ec. 1:

$$\eta = \frac{[\text{NET}]_i - [\text{NET}]_f}{[\text{NET}]_i} \cdot 100, \% \quad (1)$$

unde $[\text{NET}]_i$ și $[\text{NET}]_f$ sunt concentrațiile soluțiilor de NET ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) la timpul $t = 0$, respectiv la timpul final.

Rezultate și discuții

Pentru a studia efectul combinat al celor trei parametri considerați, au fost efectuate experimente variind valorile acestora în intervalele alese (Tabelul 1), urmând metodologia de planificare statistică experimentală. Folosind tehnica de regresie multiplă a fost obținut un model polinomial complet de ordinul doi a cărui ecuație de regresie, în valori necodate, este:

$$Y = - 4.9 - 26.0 \cdot Z1 + 0.401 \cdot Z2 + 1.61 \cdot Z3 + 2.02 \cdot Z1 \cdot Z2 + 5.8 \cdot Z1 \cdot Z3 - 0.042 \cdot Z2 \cdot Z3 - 0.094 \cdot Z1 \cdot Z2 \cdot Z3 \quad (2)$$

Menținând un parametru la valoare constantă – de regulă la mijlocul intervalului de variație ales, au fost construite grafice de tip contur care prezintă modificarea randamentului procesului de decolorare în funcție de ceilalți doi parametri, așa cum este prezentat în fig. 2a, b și c.

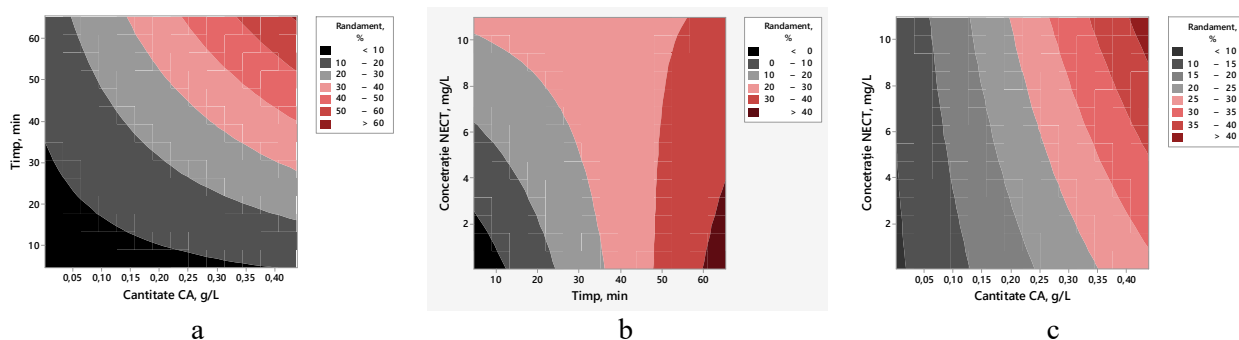


Figura 2. Grafic de tip contur reprezentând eficiența funcție de:
a – CA și t la CC = 55 mg·L⁻¹, b – CA și CC la t = 35 min., c – CC și t la CA = 0.22 g·L⁻¹

Analiza graficelor care redau variația celor trei parametri studiați evidențiază punctele de maxim și/sau minim, ceea ce poate conduce pe de o parte la identificarea corectă a valorilor optime iar pe de alta parte poate arată impactul parametrilor selectați asupra eficienței decolorării.

Graficele de tip suprafață tridimensională și graficele de tip contur au fost utilizate pentru a prezenta eficiența decolorării la baleierea a câte doi dintre parametrii. Efectul simultan al parametrilor analizați asupra eficienței procesului este prezentat în fig. 3 (a), (b) și (c).

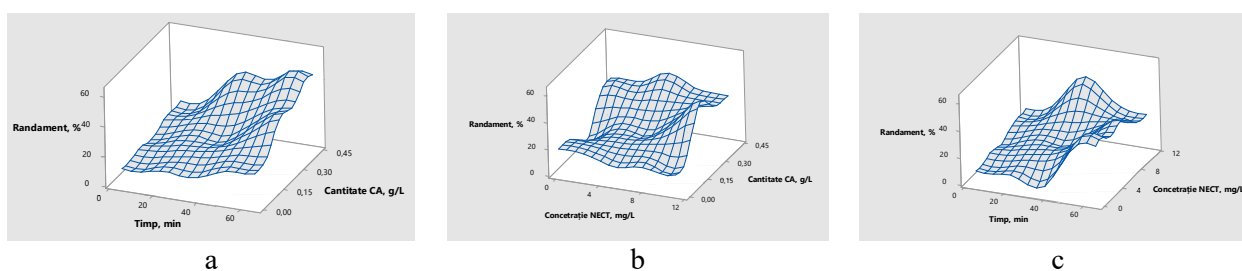


Figura 3. Grafic suprafață 3D arătând eficiență funcție de: a – CA și t, b - CA și CC, c – CC și t

Concluzii

Folosind metoda suprafeței de răspuns a fost optimizat procesul de decolorare prin adsorbție pe cărbune activ a unor ape contaminate cu negru eriocrom T. Valorile optime obținute pentru parametrii considerați au fost validate experimental, acestea fiind: concentrație colorant 0.0325 mg·L⁻¹, cantitate cărbune activ: 0.4387 g·L⁻¹ și timp contact 65.375 min.

Mulțumiri. Această lucrare a fost susținută financiar prin proiectul PN-III-P4-ID-PCE nr. 58/2021 finanțat de UEFISCDI, România.

Referințe

1. HAO, O.J., KIM H., CHIANG P.-C. Decolorization of Wastewater. In: *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 2000, 30(4), pp. 449-505.
2. ANJANEYULU, Y., SREEDHARA C. N., SUMAN R. D. S. Decolourization of Industrial Effluents – Available Methods and Emerging Technologies – A Review. In: *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 2005, 4(4), pp. 245-273.
3. BAFANA, A., DEVI S.S., CHAKRABARTI T. Azo dyes: past, present and the future. In: *Environmental Reviews*, 2011, 19, pp. 350-371.
4. EJHIEH, A.N., KHORSANDI M. Photodecolorization of Eriochrome Black T using NiS–P zeolite as a heterogeneous catalyst. In: *Journal of Hazardous Materials*, 2010, 176(1), pp. 629-637.

5. SUMADEVI, K.R., KRISHNAMURTHY, G., PRABHAKER, W., PRIYA R. R. S., NAIK, S., BHOJYA H.S., NAIK, N., Photocatalytic degradation of Eriochrome black-T and Evan's blue dyes under the visible light using PVA capped and uncapped Ag doped ZnS nanoparticles. In: *Emergent Materials*, 2021, 4(2), pp. 447-456.
6. POURSHIRBAND, N., NEZAMZADEH-EJHIEH A. A Z-scheme AgI/BiOI binary nanophotocatalyst for the Eriochrome Black T photodegradation: A scavenging agents study. In: *Materials Research Bulletin*, 2022, 148, p. 111689.
7. MITTAL, A., GUPTA V.K. Adsorptive removal and recovery of the azo dye Eriochrome Black T. In: *Toxicological & Environmental Chemistry*, 2010, 92(10), pp. 1813-1823.
8. DE LUNA, M.D.G., FLORES, E.D., GENUINO, D.A.D., FUTALAN, C.M., WAN, M.-W. Adsorption of Eriochrome Black T (EBT) dye using activated carbon prepared from waste rice hulls—Optimization, isotherm and kinetic studies. In: *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 2013, 44(4), pp. 646-653.
9. MU'AZU, N.D., JARRAH, N., KAZEEM, T.S., ZUBAIR, M., AL-HARTHI, M. Bentonite-layered double hydroxide composite for enhanced aqueous adsorption of Eriochrome Black T. In: *Applied Clay Science*, 2018, 161, pp. 23-34.
10. Al-Wasidi, A.S., Abouelreash, Y.G., Al-Reshaidan, S., Naglah, A.M. Application of Novel Modified Chitosan Hydrogel Composite for the Efficient Removal of Eriochrome Black T and Methylene Blue Dyes from Aqueous Media. In: *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 2022, <https://doi.org/10.1007/s10904-021-02168-x>
11. MYERS, R.H., MONTGOMERY D.C., ANDERSON-COOK C.M. Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments, New York, John Wiley & Sons, 2016.
12. ATOMI, A.I., SUDITU, G.D., PUIȚEL, A.C., NECHITA, M.T. Experimental study on TiO₂ promoted photo-degradation of methylene blue. In: *Bulletin of Romanian Chemical Engineering Society*, 2018, 5(1), pp. 68-74.
13. NECHITA, M.T., SUDITU, G.D., PUIȚEL, A.C., DRĂGOI, E. N. Differential evolution-based optimization of corn stalks black liquor decolorization using active carbon and TiO₂/UV. In: *Scientific Reports*, 2021, 11(1), <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98006-8>
14. DRAGOI, E.N., NECHITA M.T., SUDITU G.D. Bromocresol green adsorption optimization using bio-inspired metaheuristic optimizers. In: *Achievements and perspectives of modern chemistry*. International Conference "Achievements and perspectives of modern chemistry", Chișinău, Moldova, 9-11 octombrie, 2019, pp. 154
15. SECULA, M.S., CAGNON, B., CRETESCU, I., DIACONU, M., PETRESCU, S. Removal of an acid dye from aqueous solutions by adsorption on a commercial granular activated carbon: equilibrium, kinetic and thermodynamic study. In: *Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 2011, 12(4), pp. 307-322.