

# UKLANJANJE ŠESTOVALENTNOG HROMA IZ VODENOG RASTVORA ADSORPCIJOM NA KAOLINU

B. Škundrić1, R. Petrović2, J. Penavin-Škundrić2, D. Gajić3, D. Bodroža2

1Akademija nauka i umjetnosti Republike Srpske, RS, B&H

2Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet, RS, B&H

3Univerzitet u Banjoj Luci, Prirodno-matematički fakultet, RS, B&H

branko.skundric@gmail.com

rada.petrovic@tf.unibl.org

jelena.penavin.skundric@gmail.com

dragana.milisavic@pmf.unibl.org

danko.bodroza@gmail.com

## Uvod

Hrom je teški metal koji se često koristi u industrijskim procesima kao što su galvanizacija, štavljenje kože, tekstilna industrija, dorada metala, proizvodnja boje, procesi prerade nafte i boje, i dr. (Ajouyed et al., 2011; Gu et al., 2015; Kumari et al., 2015).

Iako postoji više oksidacionih stanja hroma, kontaminirano zemljište i vode primarno sadrže trivalentni (Cr(III)) i šestovalentni (Cr(VI)). Šestovalentni hrom je najotrovniji oblik zbog svoje pokretljivosti i bioraspodivnosti, a deluje kancerogeno, teratogeno i mutageno u biološkim sistemima (Dupont & Guillon, 2003; Haney et al., 2014; Chen et al., 2015).

Zbog jake toksičnosti šestovalentnog hroma, Agencija za registar toksičnih supstanci i bolesti svrstava ga u red šesnaestih opasnih supstanci (ATSDR, 2000). Američka EPA postavila je granicu za hrom u vodi za piće na 0,1 mg/L. Da bi se zadovoljili standardi kvaliteta vode, potrebno je uklanjanje šestovalentnog hroma iz otpadnih voda prije ispuštanja u prirodne vode.

Konvencionalne metode koje se najčešće koriste za uklanjanje teških metala iz otpadnih voda su: jonska izmjena, elektrohemijski procesi, membranski procesi, reverzna osmoza, i sl. Ove metode su dosta skupe i imaju mali efikasnost, pa se za prečišćavanje otpadnih voda često koristi adsorpcija, zbog niske cijene i dobre efikasnosti.

Zadatak ovog rada je bio da se ispituju adsorpcione osobine i efikasnost kaolinske gline (rudnik kaolinita "Motajica", Kobaš, Srbac), kao i da se definišu parametri neophodni za najbolje uklanjanje Cr(VI) iz vodenog rastvora.

## Materijali i metode

Kao adsorbens korištena je kaolinska glina iz rudnika kaolinita "Motajica", Kobaš, Srbac, RS. Sve hemikalije korištene u ovom radu bile su analitičke čistoće.

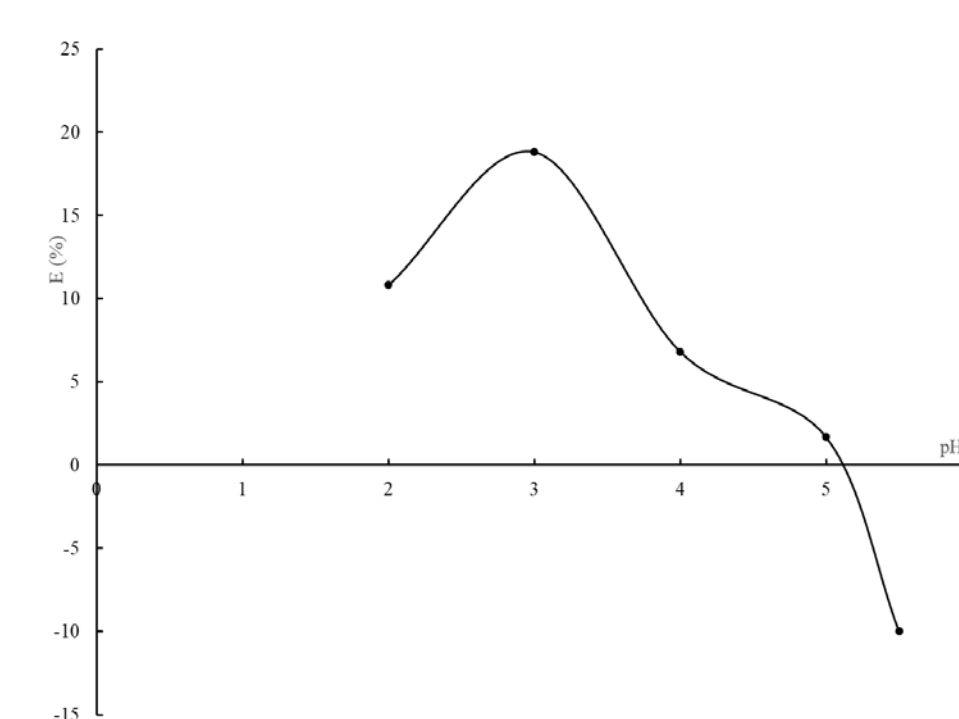
Opšta fizičko-hemijska karakterizacija kaolinske gline podrazumjevala je određivanje hemijskog sastava, ispitivanje FTIR metodom (FTIR-spektrofotometar Bruker "Tensor 27") i određivanje kapaciteta jonske izmjene (CEC; metoda titracije metilen plavim).

Ekperimenti adsorpcije izvedeni su u stacionarnim uslovima pri čemu je ispitan uticaj: mase adsorbensa, početne pH vrijednosti rastvora, kontaktnog vremena, temperature i početne koncentracije na proces adsorpcije Cr(VI) jona na navedenim adsorbensima. Za eksperimente adsorpcije uvijek je uzimana zapremina od 50 mL radnog rastvora hroma koncentracije 10 mg/L a varirani su ostali parametri.

Koncentracija Cr(VI) jona određena je spektrofotometrijskom metodom sa 1,5 difenilkarbazidom. Mjerenja su vršena na UV/VIS spektrofotometru (Perkin Elmer Lambda 25) na  $\lambda_{max}$ =541,17 nm. Radni rastvori Cr(VI), (2,4,6,8 i 10 mg/L) pripremani su razblaživanjem osnovnog rastvora  $K_2Cr_2O_7$  koncentracije 100 mg/L.

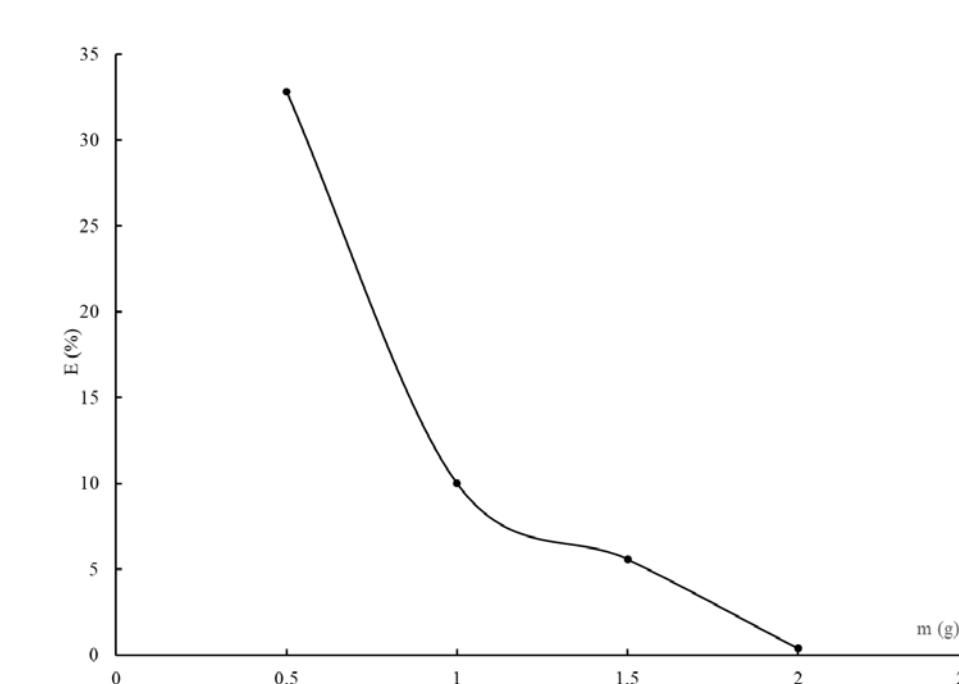
## Rezultati

Uticaj početne pH vrijednosti rastvora na proces adsorpcije Cr(VI)



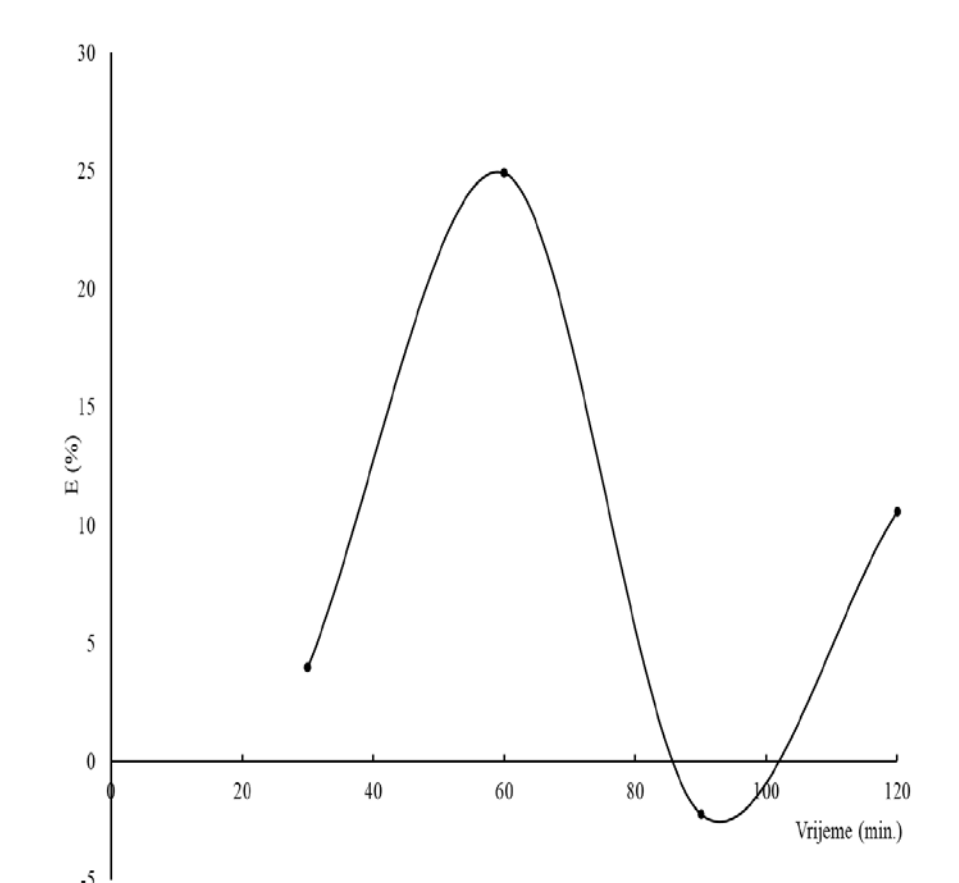
Slika 1. Procenat uklanjanja Cr(VI) kao funkcija početnog pH (uslovi:  $m=1,0000$  g; 50 mL; 10 mg/L; 18°C;  $t=2h$ )

Uticaj mase adsorbenta na proces adsorpcije Cr(VI)



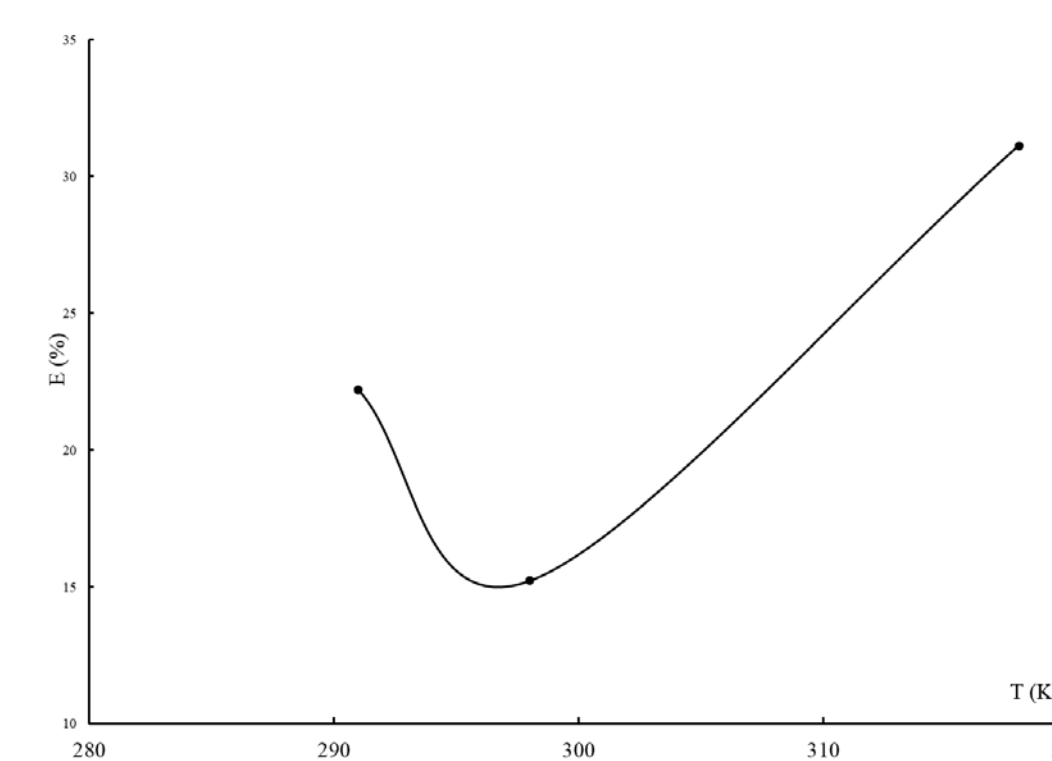
Slika 2. Uticaj mase kaolina na efikasnost uklanjanja Cr(VI) (uslovi: 50 mL; 10 mg/L; 18°C;  $t=2h$ ; pH=2 za bentonit; pH=3 za kaolin)

Uticaj vremena kontakta na proces adsorpcije Cr(VI)



Slika 3. Uticaj vremena kontakta na efikasnost uklanjanja Cr(VI) (uslovi: 50 mL; 10 mg/L; 18°C;  $m=0,5$ ; pH=3)

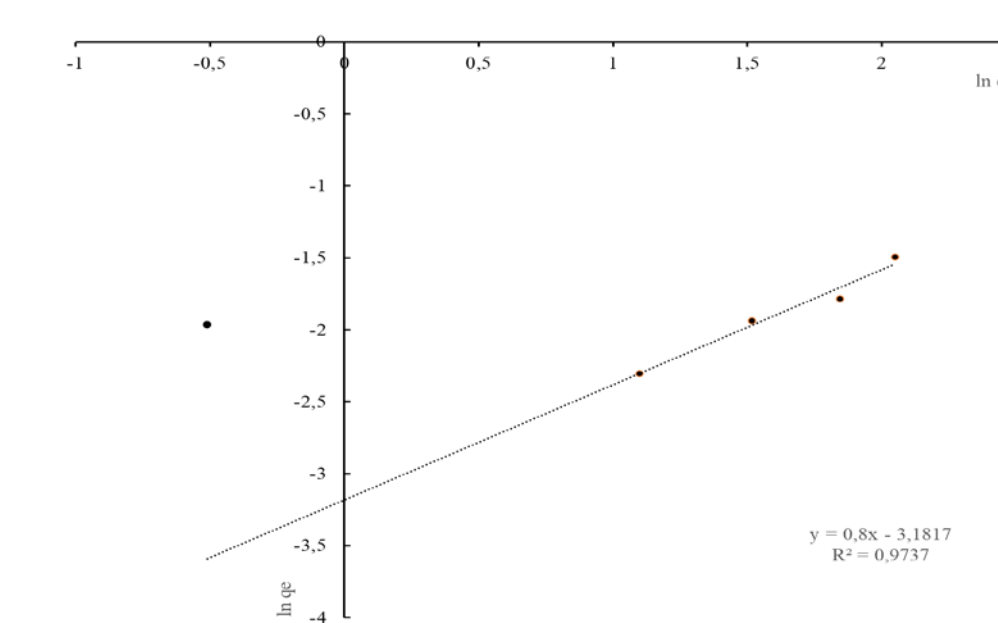
Uticaj temperature na proces adsorpcije Cr(VI)



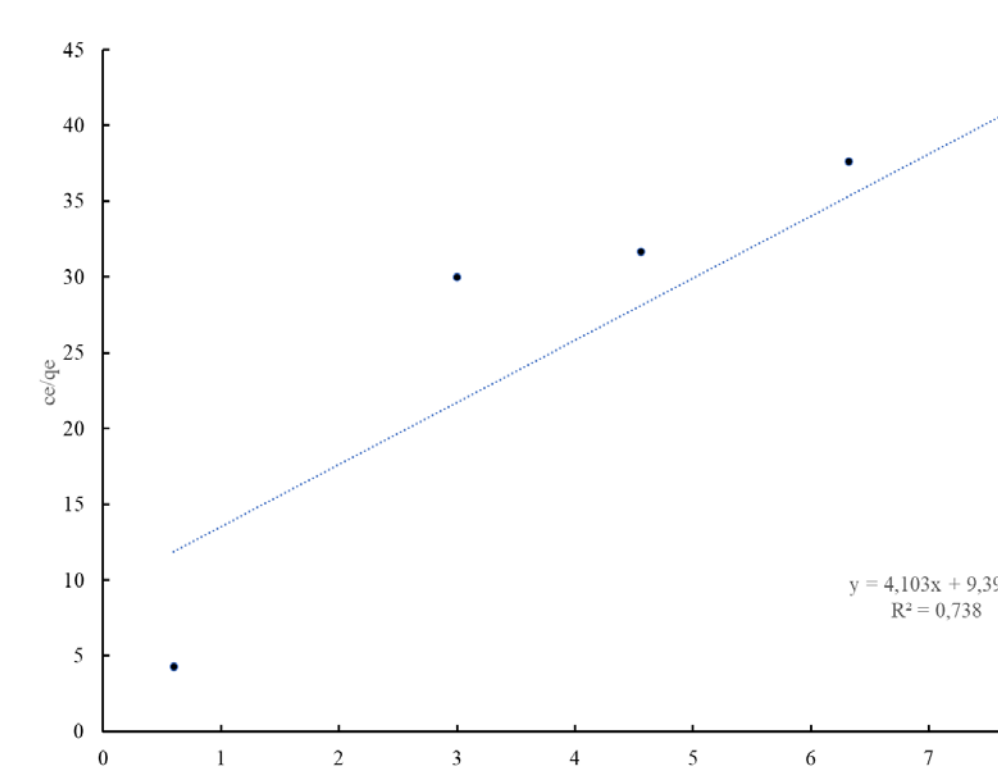
Slika 4. Uticaj temperature na efikasnost uklanjanja Cr(VI) (uslovi: 50 mL; 10 mg/L;  $t=1h$ ;  $m=0,5$ ; pH=3)

Ravnotežni modeli izoterma

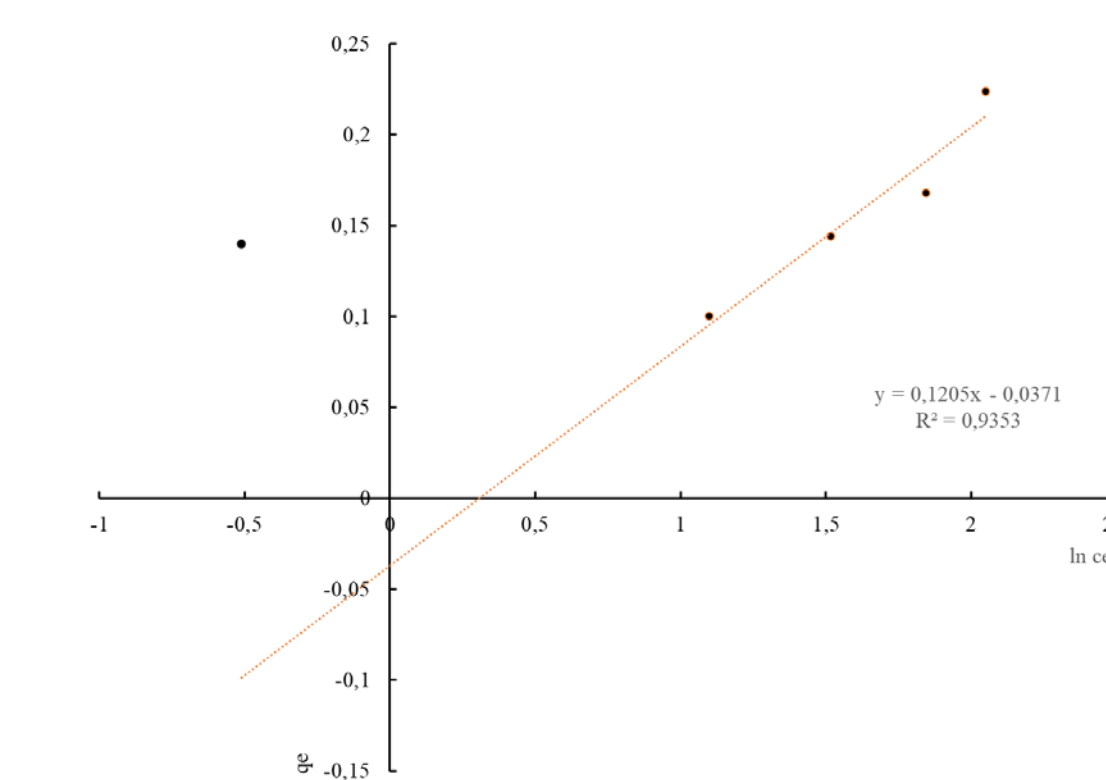
Rezultati adsorpcije Cr(VI) iz vodenog rastvora na kaolinu analizirani su upotrebom tri linearizovana adsorpciona modela: Frojndlihovom, Lengmirovom i Tjokinovom. Eksperimenti adsorpcije rađeni su pri optimalnim uslovima: 50 mL; 10 mg/L;  $t=1h$ ;  $m=0,5$ ; pH=3;  $T=35^\circ C$ .



Slika 5. Frojndlihova adsorpciona izoterma za adsorpciju Cr(VI) iz vodenog rastvora na kaolinu (uslovi: 50 mL; 10 mg/L;  $t=1h$ ;  $m=0,5$  g; pH=3;  $T=35^\circ C$ )



Slika 6. Lengmirova adsorpciona izoterma za adsorpciju Cr(VI) iz vodenog rastvora na kaolinu (uslovi: 50 mL; 10 mg/L;  $t=1h$ ;  $m=0,5$  g; pH=3;  $T=35^\circ C$ )



Slika 7. Tjokinova adsorpciona izoterma za adsorpciju Cr(VI) iz vodenog rastvora na kaolinu (uslovi: 50 mL; 10 mg/L;  $t=1h$ ;  $m=0,5$  g; pH=3;  $T=35^\circ C$ )

## Zaključci

- Optimalni uslovi adsorpcije Cr(VI) iz vodenog rastvora na kaolinu su: 50 mL; 10 mg/L;  $t=1h$ ;  $m=0,5$  g; pH=3;  $T=35^\circ C$
- Za analizu dobijenih eksperimentalnih rezultata primjenjena su tri ravnotežna modela izoterma: Freundlich-ov, Langmuir-ov i Temkin-ov. Za svaki od modela, konstruisan je određeni grafik, koji je potom fitovan. Na osnovu dobijenih korelacionih koeficijenata utvrđeno je da se eksperimentalni rezultati mogu najbolje opisati Frojndlihovim modelom
- Kaolin je pokazao relativno nizak adsorpcioni kapacitet prema Cr(VI). Pri nadenim optimalnim uslovima adsorpcije efikasnost uklanjanja Cr(VI) na kaolinu je 31,12%

## Literatura

- Ajouyed, O., Hurel, C., Marmier, N. (2011). Evaluation of the Adsorption of Hexavalent Chromium on Kaolinite and Illite. *Journal of Environmental Protection*, 2, 1347-1352.
- Algarni, Y., Khalil, N.M., Saleem, O., Almuhrabi, M.J. (2018). Removal of chromium (VI) from aqueous solution by natural clay. *Archives of Business Research*, 6(8), 357-364.
- Agency for Toxic Substances Disease Registry (ATSDR). (2000). *Toxicological Profile for Chromium*, Atlanta, 2000.
- Bhattacharyya, K.G., & Gupta, S.S. (2006). Adsorption of chromium (VI) from water by clay. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 45(21), 7232-7240.
- Chen, T., Zhou, Z.Y., Xu, S., Wang, H.T., Lu, W.J. (2015). Adsorption behavior comparison of trivalent and hexavalent chromium on biochar derived from municipal sludge. *Bioresour. Technology*, 190, 388-394.
- Dupont, L., & Guillon, E. (2003). Removal of hexavalent chromium with a lignocellulosic substrate extracted from wheat bran [J]. *Environmental Science Technology*, 37(18), 4235-4241.
- Gu, Y. L., Xu, W. H., Liu, Y. G., Liu, Y. G. (2015). Mechanism of Cr(VI) reduction by *Aspergillus niger*: enzymatic characteristic, oxidative stress response, and reduction product. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(8), 6271-6279.
- Haney, J. T. Jr., Erraguntla, N., Sielken, R. L. Jr., & ValdezFlores, C. (2014). Development of an inhalation unit risk factor for hexavalent chromium. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 68(2), 201-211.
- Kumari, M., Pittman, C.U., & Mohan, D. (2015). Heavy metals [chromium (VI) and lead (II)] removal from water using mesoporous magnetite (Fe3O4) nanospheres. *Journal of Colloid and Interface Science*, 442, 120-132.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2010). *Integrated risk information system toxicological review of hexavalent chromium*. (2010 External Review Draft - EPA/635/R-10/004A). Washington, DC.