**Obhajoba**

Environmentálne znečistenie povrchových vôd je celosvetovým problémom. Najčastejšie je spôsobené poľnohospodárskou, priemyselnou a tiež banskou činnosťou. Prítomnosť toxických kovov vo vodnom prostredí negatívne ovplyvňuje rozličné živé sústavy, vrátane človeka a kvôli svojej toxicite a bioakumulačnej tendencii predstavujú reálnu hrozbu pre vznik vážnych ochorení a nezvratných porúch.

**Cieľom práce bolo otestovať biosorpčnú kapacitu rôznych druhov sorbentov, s ohľadom na neskoršiu aplikáciu pri čistení odpadových vôd, ako napríklad kyslej banskej vody (AMD).**

Práca je zameraná na biosorpciu a sorpciu, teda na **schopnosť** niektorých **biomás pasívne zachytávať ióny kovov na svoj povrch**.

Výhodou využitia týchto metód je vysoká účinnosť, nízke náklady na realizáciu, minimálny biologický alebo chemický odpad a energetické nenáročnosť.

Pre štúdium sorpcie zinku boli využité 2 typy sorbentov, a to sorbenty organické a syntetické.

K organickým patril mach *Polytrichum commune* (UKÁŽ) a piliny zo *Syringa vulgaris /UKÁŽ)- orgován obyčajný*.

Medzi sorbenty na syntetickej báze patril zeolit a aktívne uhlie UKÁŽ.

V laboratórnom experimente boli využité aj aktivované sorbenty, ktorými boli práškový a zrnitý zeolit.

*Z hľadiska metodiky, sme sinajprv vybrali a upravili sorbenty, pripravili roztok zinku s koncentráciou 1g/l, ktorý sme pripravili rozpustením bielej skalice (heptahydrátu síranu zinočnatéhov destilovanej vode.*

Na úpravu pH v experimente s kyslou banskou vodou a biosorbentom pilinami zo *Syringa vulgaris* L. sme použili NaOH.

Pri štúdiu kinetiky biosorpcie sme si pripravili syntetický roztok iónov zinku, a do dvoch kadičiek sme pridali presne odvážené množstvo biosorbenta. Vzorky boli miešané na magnetickej miešačke po dobu dvoch hodín kedy sme v intervaloch 0, 5, 10, 30, 60 a 120 minút odoberali vzorky a merali hodnoty pH. Vzorky sme dali analyzovať pomocou AAS -atómovej absorpčnej spektrometrie.

Pre štúdium biosorpcie v rovnovážnom stave sme si pripravili syntetický roztok Zn o rôznych koncentráciách. Do Erlenmayerových bánk sme dali presne odvážené množstvo sorbenta a nechali pretrepávať na trepačke po dobu 2 hodín. Po uplynutí dvoch hodín sme z každej vzorky pomocou striekačky odobrali do skúmavky 6 ml roztoku. Vzorky sme dali analyzovať na AAS.

Na výpočet maximálnej sorpčnej kapacity sorbentov sme použili špecifickú adsorpciu q.

Na Obr. 1 je porovnanie maximálnych sorpčných kapacít rôznych sorbentov pre zinok. Vybranými sorbentami boli zrnitý a práškový zeolit upravenými už spomínanými spôsobmi, aktívne uhlie a piliny, ktorých hodnotu sme si vybrali z kinetického experimentu v 10 minúte. Za najúčinnejší sorbent sa preukázal práškový zeolit upravený v 2M roztoku NaOH pri 80 °C. Naopak, najnižšia sorpčná schopnosť bola zistená pre aktívne uhlie.

Na obr. 2 sú zobrazené výstupné hodnoty pH u rozličných sorbentov. Pri roztokoch, v ktorých počas sorpcie klesla hodnota pH pod 4, bola sorpcia kovov zanedbateľná. Tento jav sa dá vysvetliť tým, že pri takto nízkych hodnotách pH protóny (H+) súťažia s iónmi Zn2+ o aktívne miesta na povrchu sorbenta, a tak dochádza k zníženej adsorpcii katiónov na biomasu, poprípade syntetický sorbent [14]. Sorpčná kapacita sa zvyšovala s rastúcou hodnotou rovnovážneho pH.

Na získanie informácii o kapacite biosorbenta a množstve požadovaného biosorbenta na odstránenie daného množstva znečisťujúcej látky sme študovali rovnovážne stavy biosorpcie.

Na opísanie rovnováhy v danom systéme sme použili najviac využívané adsorpčné izotermy, a to Langmuirov a Freundlichov model, zobrazené na Obr. 3 a v Tabuľke 1.

Na Obr. 3 je znázornená závislosť rovnovážnej koncentrácie iónov zinku (Zn2+) od špecifickej adsorpcie. Maximálna adsorpčná kapacita vyhodnotená experimentálne (Qexp) bola 36 mg/g pri pH = 5,36. Podľa Langmuirovej izotermy bola maximálna adsorpčná kapacita pre Zn2+ 45,96 mg/g. Hodnota koeficientu determinácie R2 sa má pohybovať v rozsahu od 0 po 1. Čím je táto hodnota bližšie k 1, tým daný model lepšie vystihuje študovaný systém. Hodnota Langmuirovej konštanty *b* je rôzna pri každej hodnote pH, a čím je vyššia, tým vyššiu afinitu má kovový ión ku väzbovým miestam danej biomasy.

Podľa Langmuirovho modelu bolo R2 = 0,629, a podľa Freundlichovho modelu R2 = 0,632. Z koeficientu determinácie R2 pre biosorpciu zinku pomocou pilín je zrejmé, že rovnováhu daného systému lepšie popisuje Freundlichov matematický model.

Na Obr. 4 je znázornený pokles koncentrácie zinku v roztoku Zn2+ po pridaní biosorbenta pilín.

Pri biosorpcii zinku bola vstupná koncentrácia Zn2+ v roztoku 42,6 mg/l. Jeho koncentrácia klesla najvýraznejšie v prvých 10 minútach.

V ďalších minútach došlo spätnému zvýšeniu koncentrácie iónov Zn2+ v roztoku, čo mohlo nastať v dôsledku desorpcie kovu späť do roztoku.

Napriek tomu, že sa za čas potrebný na ustálenie rovnováhy v sorpčných systémoch považuje viac ako 16 hodín [10], v daných podmienkach nedochádzalo k podstatných zmenám koncentrácie zinku už po 2 hodinách.

K maximálnemu odstráneniu zinku došlo pri hodnote pH = 5,83.

Na modelovanie kinetických dát bol vybraný model pseudo-druhého poriadku. Hodnota koeficientu korelácie R2, vypočítaná lineárnou regresiou dát získaných biosorpciou Zn2+ z 1 – iónových roztokov bola veľmi vysoká, z čoho je možné predpokladať, že tento model bol vhodný pri opise kinetiky biosorpcie študovaných kovov.

Za najúčinnejší spôsob aktivácie zeolitu sa preukázalo pomletie sorbentu, a následná hydrotermická aktivácia v roztoku NaOH, kedy došlo k 98%- nému odstráneniu Zn2+ iónov z roztoku.

Rýchlosť sorpcie bola otestovaná pomocou pilín. Najväčšie množstvo zinku bolo odstránené už v prvých 10 minútach (okolo 50%) a v ďalších minútach sa koncentrácia zinku menila len veľmi málo.

Na výsledky získané pri štúdiu kinetiky zinku bol aplikovaný model pseudo-druhého poriadku. Maximálna sorpčná kapacita pilín bola získaná zostrojením adsorpčných izoteriem, kde boli aplikované 2 najčastejšie používané matematické modely adsorpčných izoteriem, a to Langmuirov a Freundlichov model.

Maximálna sorpčná kapacita pre zinok u pilín predstavuje 45 mg/l Zn2+ iónov.

Biosorpcia a sorpcia sú perspektívne metódy odstraňovania toxických kovov z vodného prostredia.





