

Mechanics, material science, industrial engineering and management
Mechanika, medžiagų inžinerija, pramonės inžinerija ir vadyba

NUOTEKŲ VALYMO SORBENTAIS TYRIMAS

Karina SUBATKEVIČIENĖ, Ina TETSMAN*, Justinas GARGASAS

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

Gauta 2018 m. gruodžio 12 d.; priimta 2018 m. gruodžio 20 d.

Santrauka. Vienais didžiausių gamybinių nuotekų teršalų laikomi naftos produktai. Jiems valyti plačiausiai naudojami fizikiniai ir cheminiai valymo metodai (sorbentų naudojimas), bet pagrindinis sunkumas – tinkamų sorbentų (skirtingų savo kilme ir struktūra) parinkimas ir optimalių valymo sąlygų įrenginiuose palaikymas. Gaminant sorbentus iš antrinių žaliavų, mažinamas atliekų kiekis ir kartu saugoma gamta nuo pavojingųjų medžiagų, pavyzdžiui, nuo naudotų automobilių padangų. Darbe įvertinta ir palyginta trijų skirtingų sorbentų rūšių sorbcinė geba (natūralių organinių sorbentų – siauralapio švendro; sintetinių sorbentų – ceolito; sorbentų, pagamintų iš atrinių žaliavų – susmulkintų panaudotų padangų), nustatyti naftos produktų nuotekose koncentracijų pokyčiai prieš valymo procesą ir po jo. Pradinė naftos produktų koncentracija nuotekose siekė $0,25 \text{ mg/m}^3$. Atlikti eksperimentiniai tyrimai rodo, kad didžiausia adsorbcinė geba yra ceolito – $2,55 \text{ g/g}$ (frakcija 2 mm), susmulkintų padangų gumos – $2,01 \text{ g/g}$ (frakcija 1,00–1,50 mm) ir siauralapio švendro – $1,97 \text{ g/g}$. Susmulkintų padangų gumos (frakcija 1,00–1,50 mm) adsorbcinė geba panaši į siauralapio švendros. Ceolito (frakcija 2,00 mm) išvalymo efektyvumas kito nuo 87,51 % iki 96,11 %, o siauralapio švendro – nuo 91,30 % iki 94,55 %, o susmulkintų padangų gumos drožlių (frakcija 1,00–1,50 mm) išvalymo efektyvumas kito nuo 91,51 % iki 95,21 %.

Reikšminiai žodžiai: antrinės žaliavos, naftos produktai, padangų gumos drožlės, nuotekų valymas, sorbentai.

Įvadas

Didėjant žmogaus poreikiams, plėtojasi įvairios ūkio šakos: transportas, energetika, pramonė ir kt., o dėl to kenksmingi teršalai ir atliekos patenka į aplinką (Barkauskas, 2007). Daugelis šalių sprendžia įvairias ekologines problemas, viena svarbiausių – naftos produktų (NP) plitimo ir teršimo sustabdymas ir mažinimas aplinkoje. Išvalytų nuotekų kokybei Europoje taikomi griežti reikalavimai, t. y. nepažeidžiamų komponentų kiekis bendroje masėje turi būti minimalus arba visiškai pašalintas (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2007; Staniškis, 2005). Valymo technologijos priklauso nuo pramonės šakos, nuotekų teršalų sudėties ir kitų pagrindinių parametru. Kiekvienu atveju turi būti atliktas sisteminis gamybinės veiklos ir nuotekų įvertinimas, kuriuo remiantis atliekama analizė. Pagal gautus rezultatus pasirenkami optimalūs problemų sprendimo būdai.

Remiantis mokslinių tyrimų rezultatais (H. J. Hammer ir H. J. Jr. Hammer, 2001; Kumar ir Sivanesan, 2004; Liu ir Liptak Bella, 2000; Gurskis, Skominas ir Žukauskas, 2012; Bao et al., 2012) galima daryti išvadas, kad nuotekų valymas sorbentais – tai visų pirma uždarų vandens ciklų

sudarymo galimybė pramonėje. Uždari vandens ciklai padeda sutaupyti daug vandens, energijos ir lėšų pramonėje. Pastaruoju metu uždarų ciklų naudojimas tapo būtinybe, nes vandens suvartojama labai daug, o gėlo vandens pasaulyje yra mažai, todėl visas išleidžiamas vanduo turi būti valomas vis kokybiškiau, sorbentų naudojimas nuotekoms valyti tampa vis aktualesnis. Visi uždari ciklai yra efektyvūs, tačiau nuostoliai pastebimi visais atvejais. Nors idealiai švartų uždarų ciklų surasti neįmanoma, todėl po tam tikro laiko skystį tenka keisti, valyti visą sistemą ir sistemingai atlikti kitus profilaktinius darbus, ar tai aušinimo sistema automobilyje, ar šiluminės elektrinės šilumnešis (šiluminės elektrinės uždaroje sistemoje šilumnešis yra švaresnis už distiliuotą vandenį, tačiau ir jį tenka keisti, nes visoje sistemoje vyksta trintis, dėl kurios dyla sistemos dalys, o mikroskopinės atplaišos patenka būtent į naudojamą vandenį). Ekonominiu požiūriu tam tikrais atvejais naudojamą fluidą yra pigiau pakeisti uždaroje sistemoje, nei stengtis jį išvalyti. Vamzdžiai greit užkalkėja esant nešvariam vandeniui sistemose, tačiau tai priklauso nuo vandens cheminės sudėties ir uždaros sistemos vamzdžių medžiagos.

*Autorius susirašinėti. El. paštas ina.tetsman@vgtu.lt

Laikui bėgant vandens kokybė kinta priklausomai nuo vandens naudojimo tikslų. Pavyzdžiui, vandens gerinimo technologijos užtikrina aukštą, higienos normų reikalavimus atitinkančią geriamojo vandens kokybę. Pramoniniams ar buitiniams tikslams naudojamo vandens kokybė blogėja, vanduo užteršiamas įvairiais biologiniais, cheminiais ar kitais teršalais. Ir į miesto kanalizacijos tinklus, ir į paviršinius vandens telkinius išleidžiamos nuotekos atitiks keliamus reikalavimus, jei jos bus valomos nuotekų valymo įrenginiuose. Pastaruoju metu atsiranda poreikis nuotekas išvalyti tiek, kad vėliau jas būtų galima naudoti pakartotinai. Kai nuotekų kokybė atitinka neužteršto vandens kokybę, vandens nereikia išleisti iš įmonės, bet būtina pasitelkti reciklą ar kurti visišką nuotekų uždarymo ciklą.

Naftos teršalams išvalyti iš nuotekų plačiai taikomas fizikinis ir cheminis metodas – sorbcija (Baltrėnas ir Vaišis, 2007). Sorbcinio valymo metodų praktinis pritaikymas sparčiai plečiamas ir tobulinamas. Naudojant sorbentus nuotekoms valyti, pasiekama dvejopa nauda:

- 1) sorbcinio proceso metu į vandenį neišskiriama jokių šalutinių produktų;
- 2) skirtingai nuo kitų teršalų šalinimo būdų, nepažeidžiamos medžiagos gali būti šalinamos tiesiog šulinyje.

Mokslininkai iš įvairių šalių siekia nustatyti šio metodo pagrįstumą, nes naudojant sorbentus ne visais atvejais užtikrinamas itin aukštas išvalymo efektyvumas, todėl svarbu tobulinti tokių sistemų konstrukcijas, optimizuoti terpių sąlygas, parinkti tinkamus sorbentus.

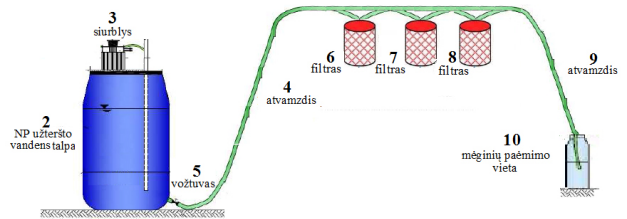
Gaminant sorbentus iš antrinių žaliavų, mažinamas atliekų kiekis ir kartu saugoma gamta nuo pavojingųjų medžiagų. Kadangi padangų utilizavimas yra pasaulinė problema, šiuose tyrimuose daugiausia dėmesio skiriama adsorbentams, pagamintiems iš naudotų automobilių padangų. Tokio valymo metodo privalumas – naudojami pigūs sorbentai iš antrinių žaliavų, o po valymo padangų milteliai / drožlės gali būti dar kartą efektyviai naudojamos cemento gamyboje (Jonušas ir Miknius, 2011; Silvestravičiūtė ir Šleinetaitė-Budrienė, 2002).

Mokslinio tyrimo tikslas – nustatyti skirtingų sorbentų gebėjimus sorbuoti NP. Tokiu būdu rasti pigiausias, prienamiasius ir efektyviausias sorbentus, kuriuos galima naudoti kompleksiskai.

1. Tyrimų metodika

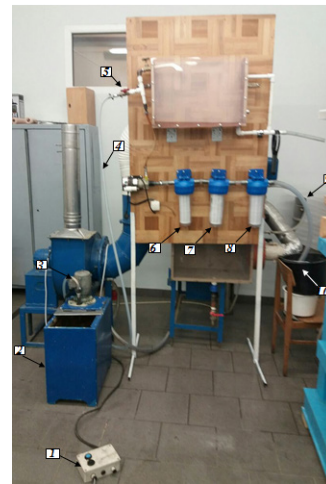
1.1. Tyrimų stendas ir veikimo principas

Tyrimo stendo schema (1 paveikslas) nuotekos (vandens ir naftos produktų mišinys) talpykloje (1) nuolat maišomas tam, kad naftos produktai tolygiai pasiskirtų vandenyje. Srovės ištekėjimo greitis palaikomas vienodas naudojant vožtuvą (5). Nuotekos tiekiamas siurbliu (3) per atvamzdį (4) į filtrą (iš viršaus į apačią) su sorbentų užpildu (6, 7, 8), kuriuo masė sveriamas svarstyklėmis. Nuotekų mėginiai periodiškai imami mėginių paėmimo vietoje (10). Kiekviename paimtame mėginyje nustatoma naftos produktų koncentracija. Pagal principinę schema buvo sukonstruotas eksperimentinis stendas (2 paveikslas).



1 paveikslas. Stendo schema: 2 – naftos produktais užteršto vandens talpykla; 3 – siurblys; 4 – atvamzdis (lanksti žarna); 5 – vožtuvas; 6 – pirmasis filtras; 7 – antrasis filtras; 8 – trečiasis filtras; 9 – atvamzdis; 10 – mėginių paėmimo vieta

Figure 1. Scheme of stand: 2 – petroleum products contaminated water tank; 3 – pump; 4 – connector (flexible hose); 5 – valve; 6 – first filter; 7 – second filter; 8 – third filter; 9 – nozzle; 10 – samples collecting place



2 paveikslas. Eksperimentinio stendo nuotrauka: 1 – įjungimo / išjungimo mygtukas; 2 – NP užteršto vandens talpykla; 3 – siurblys; 4 – lanksti žarna, kuria NP užterštas vanduo tiekiamas į pirmąjį filtrą; 5 – vožtuvas; 6 – pirmasis filtras; 7 – antrasis filtras; 8 – trečiasis filtras; 9 – lanksti žarna; 10 – mėginių paėmimo vieta

Figure 2. Experimental stand picture: 1 – on/off switch; 2 – NA contaminated water tank; 3 – pump; 4 – a flexible hose through which water from the NP is supplied to the first filter; 5 – valve; 6 – first filter; 7 – second filter; 8 – third filter; 9 – flexible hose; 10 – samples collecting place

Tyrimai atlikti VGTU Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros Aplinkosaugos sistemų mokomojoje laboratorijoje. Čia buvo įrengtas specialus stendas, imituojama vandens tarša (3.2 paveikslas). Stendas sudarytas iš talpyklos (2), trijų plastikinių filtrų (6–8), siurblio (3), vožtuvų (5), atvamzdžių mėginiams paimti (10), įvairios paskirties (tirpalo, filtrato nuvedimo ir pan.) vamzdžių (9).

1.2. Tyrimų atlikimo eiga

Pirmam eksperimentui paruošiams užpildas iš natūralaus organinio sorbento – siauralapio švendro (*Typha angustifolia*), kuris aptinkamas vandens telkiniuose. Siauralapio švendro viršūnės renkamos lapkričio–kovo mėnesiais, naudojant specialias žirkles (3 paveikslas).



3 paveikslas. Siauralapis švendras
Figure 3. Typha angustifolia

Tyrimas atliekamas pagal metodiką:

1. Siauralapio švendro viršūnės išdžiovinamos termos-tatinėje krosnelėje 105 °C temperatūroje laboratorijoje.
2. Siauralapis švendras susmulkinamas rankomis.
3. Filtras pripildomas siauralapio švendro užpildu.
4. Filtras su siauralapio švendro užpildu pasveriamas ant analitinių svarstyklių.
5. Periodiškai, kas 1, 3, 5, 10 ir 15 minučių, mėginių paėmimo vietoje imami mėginiai (remiantis LST EN 25667-2) pradinei tirpalo koncentracijai nufiltruotame tirpale nustatyti.
6. Laboratorijoje nustatoma naftos produktų koncentracija (mg/l) mėginyje.

Antram eksperimentui paruošiams užpildas iš sintetinio sorbento – ceolito (4 paveikslas). Tai kalnų uolienos mineralai, kurie yra ekologiškai švari, inertinė ir netoksiška medžiaga. Ceolitas sijojamas atitinkamų kalibrų sietais (grūdelių skersmuo – 2,0 mm). Tokiu būdu gaunamas užpildui tinkamas reikalingos frakcijos ceolitas ir atliekamas tyrimas pagal metodiką:

1. Pripildyti filtrą ceolito užpildu.
2. Pasverti filtrą su ceolito užpildu ant analitinių svarstyklių.
3. Periodiškai, kas 1, 3, 5, 10 ir 15 minučių, mėginių paėmimo vietoje imti mėginiai (remiantis LST EN 25667-2) pradinei tirpalo koncentracijai nufiltruotame tirpale nustatyti.
4. Laboratorijoje nustatoma naftos produktų koncentracija (mg/l) mėginyje.



4 paveikslas. Ceolitas
Figure 4. Zeolite

Trečiam eksperimentui paruošiams užpildas iš antrinių žaliavų – naudotų padangų gumos (5 paveikslas). Sorbentai pagaminti susmulkinus smūginiu banginiu metodu naudotas padangas iki 150–600 mm.

1. Susmulkinta naudotų padangų guma sijojama atitinkamų kalibrų sietais. Tokiu būdu gaunami tinkamos frakcijos užpildai (0,63–1,00 mm; 1,00–1,5 mm ir 1,5–3,00 mm).
2. Pripildyti filtrą paruoštu užpildu (0,63–1,00 mm; 1,00–1,5 mm ir 1,5–3,00 mm).
3. Pasverti filtrą su ceolito užpildu ant analitinių svarstyklių.
4. Periodiškai, kas 1, 3, 5, 10 ir 15 minučių, mėginių paėmimo vietoje imti mėginiai (remiantis LST EN 25667-2) pradinei tirpalo koncentracijai nufiltruotame tirpale nustatyti.
5. Laboratorijoje nustatyti naftos produktų koncentraciją (mg/l) mėginyje.



5 paveikslas. Susmulkintų naudotų padangų guma
(0,63–1,00 mm; 1,00–1,5 mm ir 1,5–3,00 mm)

Figure 5. Shredded used tires gum (0.63 to 1.00 mm, 1.00 to 1.5 mm and 1.5 to 3.00 mm)

1.3. Eksperimentinių tyrimų eiga

Naftos produktų sorbcijos iš vandeninių tirpalų (nuotekų) tyrimai buvo atliekami norint nustatyti skirtingos kilmės sorbentų (natūralaus organinio sorbento – siauralapio švendro; sintetinio sorbento – ceolito; sorbento, pagaminto iš antrinių žaliavų, – susmulkintų naudotų padangų) sorbcinius rodiklius: efektyvumą šalinant naftos produktus iš nuotekų, adsorbcinę gebą, koncentracijos ir sorbcijos laiko įtaką jų sorbcijai iš užteršto vandens ir palyginti jų sorbcines savybes.

Į talpyklą (2 paveikslas) (2) įpilami 47 l vandens ir 1,15 g naftos produktų (imituojant vandens taršą naftos produktais). Pradinė naftos produktų koncentracija nuotekose siekė 25 mg/l. Siurbliu (3) nuotekos tiekiamos į vamzdį (4) su nuolydžiu (3°), vožtuvu (5) reguliuojamas srovės greitis, kuris eksperimento metu turi būti vienodas, filtruojamos per 100 mm aukščio filtrą su sorbentų užpildu (kurį galima lengvai išimti ir pripildyti skirtingos kilmės sorbentais (6, 7, 8)). Iš viršaus ir apačios filtras ribojamas (kad tekėdamas vanduo neišplautų jo dalelių) specialiais 0,02 mm tinklais.

Tyrimams pasirinktas vidutinis 15 m/h filtravimo greitis, nes Lietuvoje taikomų tipinių nuotekų valymo įrenginių techniniuose dokumentuose pateikiamas 1–30 m/h greitis (priklausomai nuo sorbcinės medžiagos).

Periodiškai (kas 1, 3, 5, 10 ir 15 minučių) mėginių ėmimo vietoje (10) buvo imti mėginiai (remiantis LST EN 25667-2) pradinėi tirpalo koncentracijai nufiltruotame tirpale nustatyti. Nufiltruotos nuotekos buvo semtos į 0,5 l plačiagurklius stiklinius butelius su hermetiškai užsukamais kamščiais (kurie buvo užpildyti maždaug 90 %). Mėginiai buvo laikomi ne aukštesne kaip 4 °C temperatūroje.

Kiekvienas atskiras filtravimo eksperimentas buvo atliekamas imant naują sorbento užpildą, pasirinktas užpildo aukštis – 100 mm. Filtravimo eksperimentai buvo kartojami po tris kartus siekiant rezultatų patikimumo. Parametrų matavimai buvo kartojami 3–4 kartus. Paklaidas sudarė mėginių ėmimo ir prietaisų matavimo tikslumo paklaidos.

Naftos produktų vandenyje tyrimų rezultatai gauti atliekant tyrimus spektrofotometrijos metodu. Mėginiai su pradiniu ir nufiltruotu tirpalais analizuojami *Infracal TOG/TPH analyser* aparatu (tikslumas ±0,1 %, bangos ilgis – 3,4 μm). Į kiekvieną kolbutę, kurioje yra tiriamasis tirpalas (25 ml), įlašinama po 2,5 ml heksano (heksanas čia naudojamas kaip tirpiklis). Gautas tirpalas apie 2 minutes maišomas, kad naftos produktai tolygiai pasiskirstytų heksane. Baigus maišyti, tirpalas paliekamas nusistovėti (4–6 min). Tuomet naudojant *ACURA 835* automatinę pipetę (tikslumas ±0,1 %) ant skaidriosios IR plokštelės dalies (iš viso naudojamos penkios tokios IR plokštelės) užlašinama 50 mikrolitrų tirpalo su heksanu. Dar palaukiama apie 2 minutes, kol heksanas išgaruos.

Koncentracijos matavimai atliekami IR plokštelę įdėjus į *Infracal TOG/TPH analyser* aparatą ir suspaudus atitinkamą komandų seką.

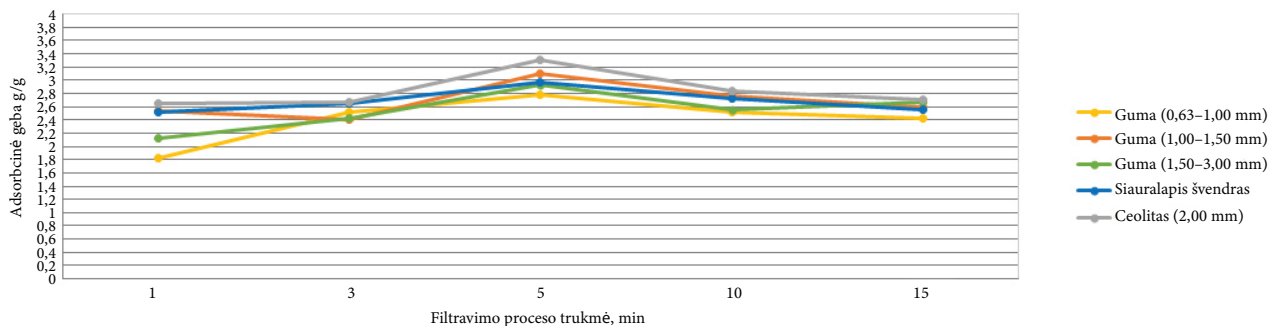
2. Gautų rezultatų analizė

Priklausomai nuo sorbento tipo ir užpildo frakcijos dydžių sugerties geba skiriasi (6 paveikslas). Atsižvelgiant į laiko kaitą, didėjant laikui, didėja ir visų trijų frakcijų tirtų sorbentų adsorbcinė geba. Didžiausią adsorbcinę gebą visi tirti sorbentai pasiekia ties 5 minute. Didžiausia adsorbcinė geba yra ceolito – 2,55 g/g (frakcija 2 mm), susmulkintų padangų gumos – 2,01 g/g (frakcija 1,00–1,50 mm), siauralapio švendro – 1,97 g/g. Susmulkintų padangų gumos (frakcija 1,00–1,50 mm) adsorbcinė geba panaši į ir siauralapio švendro.

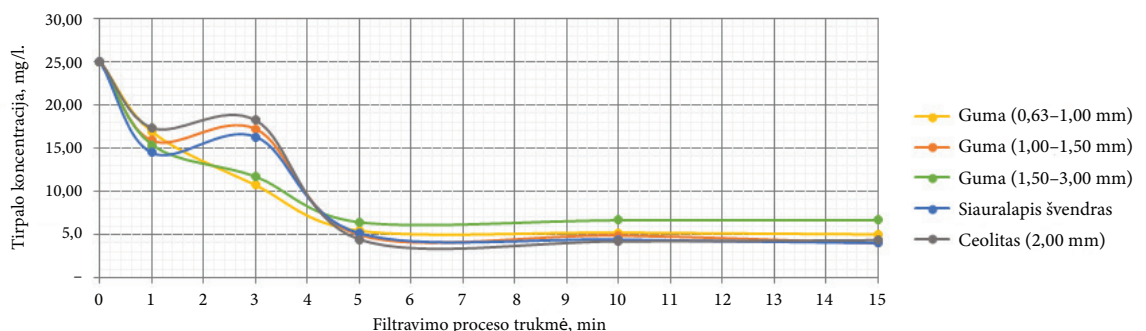
Eksperimentiniais tyrimais nustatyta, kad nepriklausomai nuo sorbento tipo bei užpildo frakcijos dydžių po valymo naftos produktų koncentracija filtrate neviršijo 1 mg/l, t. y. į aplinką išleidžiamų paviršinių nuotekų užterštumas nebuvo didesnis kaip naftos produktų vidutinė metinė koncentracija – 5 mg/l, didžiausia momentinė koncentracija – 7 mg/l.

Siauralapis švendras, ceolitas ir susmulkinta padangų guma sugeba sorbuoti naftos produktus, tuo būdu sumažinant jų koncentraciją nuotekose, prieš išleidžiant jį į miestų nuotekų tinklus ar tiesiogiai į gamtą. 7 ir 8 paveiksle pateikti duomenys apie maišymo procesą ir filtravimo trukmę skiriasi priklausomai nuo sorbento tipo ir užpildo frakcijos dydžių (7 ir 8 paveikslai). Šio filtro modelio darbo trukmė – 15 minučių.

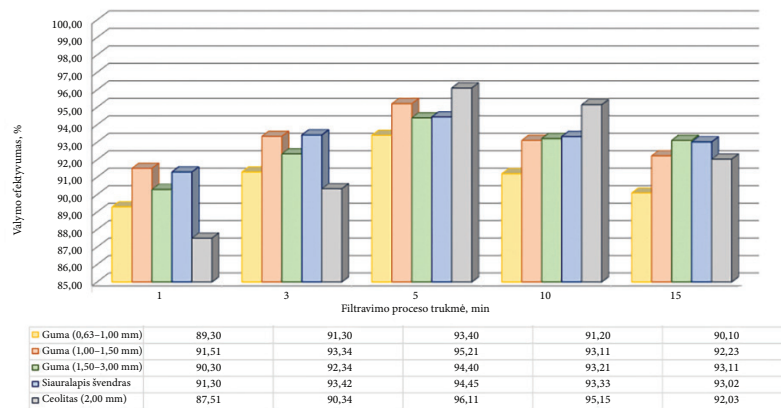
Eksperimentiniuose tyrimuose kaip sorbentą naudojant siauralapį švendrą didžiausias naftos produktų išvalymo iš vandens efektyvumas užfiksuotas filtro modelio darbo viduryje (atitinkamai 94,45 %). Vykstant tolesniam



6 paveikslas. Adsorbcinės gebos palyginimas
Figure 6. Comparison of adsorption capacity



7 paveikslas. Naftos produktų koncentracijos filtrate kitimas filtravimo ciklo metu
Figure 7. The change of oil products concentration in the filtrate during filtration cycle



8 paveikslas. Išvalymo efektyvumo palyginimas
Figure 8. Cleaning efficiency comparison

valymo procesui, išvalymo efektyvumas taip pat netolygiai mažėja iki 93,02 %.

Naudojant ceolito 2,0 mm frakciją didžiausias naftos produktų išvalymo iš vandens efektyvumas užfiksuotas filtro modelio darbo viduryje (ties 5 min.) ir yra atitinkamai 96,11 %. Geriausias NP išvalymas fiksuojamas šia frakcija filtruojant ne ilgiau kaip 15 min, tuomet išvalymo efektyvumas sumažėja tik iki ≈92 %.

Sorbentai pagaminti iš antrinių žaliavų – susmulkintos naudotos padangos

1. Frakcija 0,63–1,00 mm

Ekspirimentiniuose tyrimuose kaip sorbentą naudojant susmulkintas naudotas padangas, kurių frakcija 0,63–1,00 mm, didžiausias naftos produktų išvalymo iš vandens efektyvumas užfiksuotas filtro modelio darbo viduryje (ties 5 min.) ir atitinkamai yra lygus 93,40 %. Vykstant tolesniam valymo procesui, išvalymo efektyvumas svyruoja, t. y. išvalymo efektyvumas netolygiai mažėja.

2. Frakcija 1,00–1,50 mm

Naudojant susmulkintų padangų gumą, kurių frakcija 1,00–1,50 mm, didžiausias naftos produktų išvalymo iš vandens efektyvumas yra filtro modelio darbo viduryje (ties 5 min.) ir atitinkamai yra lygus 94,6 %. Vykstant tolesniam valymo procesui, išvalymo efektyvumas taip pat netolygiai mažėja.

3. Frakcija 1,50–3,00 mm

Naudojant susmulkintų padangų gumą, kurios frakcija 1,50–3,00 mm, didžiausias naftos produktų išvalymo iš vandens efektyvumas yra filtro modelio darbo viduryje (ties 5 min.) ir atitinkamai yra lygus 94,6 %. Vykstant tolesniam valymo procesui, išvalymo efektyvumas taip pat netolygiai mažėja.

Išvados

1. Didžiausia adsorbcinę gebą sorbentai pasiekia ties 5 minute. Didžiausia adsorbcinė geba yra ceolito – 2,55 g/g (frakcija 2 mm), susmulkintų padangų gumos – 2,01 g/g (frakcija 1,00–1,50 mm) ir siauralapio švendro – 1,97 g/g.
2. Atlikus eksperimentinių tyrimų rezultatų analizę paaiškėjo, kad efektyviausiai sorbavo ceolitas (frakcija

2,00 mm), išvalymo efektyvumas, užpildu naudojant šį sorbentą, buvo nuo 87,51 % iki 96,11 %. Naudojant sorbentų susmulkintų padangų gumos drožles (frakcija 1,00–1,50 mm), išvalymo efektyvumas kito nuo 91,51 % iki 95,21 %, o siauralapio švendro išvalymo efektyvumas buvo 91,30 % iki 94,55 %.

3. Organiniai natūralūs sorbentai yra ekologiški ir gali turėti gana didelę sorbcijos gebą, bet pasižymi blogiausiomis pakartotinio naudojimo savybėmis. Sintetiniai sorbentai pasižymi geromis sorbcijos gebomis, tačiau jie yra biologiškai neįnaučios medžiagos. Gaminant sorbentus iš antrinių žaliavų – susmulkintus panaudotų padangų gumą, atpinga asorbento kaina, jų adsorbcinė geba gali išsilaikyti iki n kartų, atsiranda galimybė pakartotinai juos naudoti.

Literatūra

- Baltrėnas, P. ir Vaišis, V. (2007). *Naftos produktų sorbentai aplinkosaugoje*. Vilnius: Technika. <https://doi.org/10.3846/1342-M>
- Bao, M., Wang, L., Sun, P., Cao, L., Zou, J., & Li, Y. (2012). Biodegradation of crude oil using an efficient microbial consortium in a simulated marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 64(6), 1177–1185. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.03.020>
- Barkauskas, V. J. (2007). *Naftos perdirbimo technologija 1*. Kaunas: Technologija.
- Gurskis, V., Skominas, R. ir Žukauskas, A. (2013). *Utilizuojamų padangų, skirtų sąvartyno drežiniams sluoksniams įrengti, filtraciniai tyrimai*. Kaunas, Vandens ūkio inžinerija.
- Hammer, H. J., & Hammer, H. J. Jr. (2001). *Water and wastewater technology*. New Jersey: Printice Hall.
- Jonušas, A. ir Miknius, L. (2011). Lengvųjų automobilių nudėvėtų padangų perdirbimas pirolizės būdu. *Cheminė technologija*, 1-2(57), 31–35.
- Kumar, K. V., & Sivanesan, S. (2004). *Solid liquid adsorption for wastewater treatment: principle design and operation*. Chennai: Anna University.
- Liu, D. H. F., & Liptak Bella, G. (2000). *Wastewater treatment*. London: Lewis Publisher.
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2007). Įsakymas dėl paviršinių nuotekų tvarkymo reglamento patvirtinimo Nr. D1-193. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.295779>

Staniškis, J. (2005). Integrated waste management: concept and implementation. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*, 33(3), 40-46.

Silvestravičiūtė, I., ir Šleinotaitė-Budrienė, L. 2002. Naudotų padangų deginimo cemento pramonėje galimybės. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*, 21(3), 38-48.

RESEARCH OF WASTEWATER TREATMENT WITH SORBENTS

K. Subatkevičienė, I. Tetsman, J. Gargasas

Abstract

One of the largest industrial waste water pollutants is petroleum products. The most widely used physico-chemical cleaning methods (use of sorbents) are used for cleaning them, but the main difficulty is the selection of suitable sorbents (different according to their origin and structure) and maintenance of op-tidal treatment facilities. The production of sorbents from secondary raw

materials reduces the amount of waste and, at the same time, protects nature against hazardous materials, for example from used car tires. Three different sorbent species (organic organic sorbents – branched lead, synthetic sorbents – zeolites, sorbents made of atrium raw materials – crushed used tires) have been evaluated and compared. The changes in the concentrations of oil products in the wastewater before and after treatment process were evaluated and compared. The initial concentration of oil products in waste water was 0.25 mg/m³. Experimental studies show that the maximum adsorption capacity is 2.90 g/g (fraction 1.00–1.50 mm) of zeolite 2.55 g/g (fraction 2 mm), and 1.97 g/g The crushed tire rubber (fraction 1.00–1.50 mm) has adsorption capacity similar to that of a trimmer. The efficiency of the separation of ceolite (fraction 2.00 mm) ranged from 87.51% to 96.11%, and the straw burners from 91.30% to 94.55%, and the crushed tire rubber shavings (fraction 1.00–1, 50 mm), the purification efficiency ranged from 91.51% to 95.21%.

Keywords: secondary raw materials, petroleum products, rubber tire chips, sewerage, sorbents.