

Characterization of zeolites and their use as adsorbents of petroleum substances

Charakterystyka zeolitów i ich zastosowanie jako adsorbentów substancji ropopochodnych

DOI: 10.15199/62.2015.3.11

Na-P1 and Na-X zeolites were prepd. by conversion of fly ash, studied for mineral compn., morphol. and textural properties and used for sorption of 2 com. petroleum-derived oils. The synthetic zeolites showed higher sorption capacity than the com. sorbent and clinoptilolite used for comparison.

Przedstawiono wyniki badań dotyczących wykorzystania zeolitów jako adsorbentów do usuwania substancji ropopochodnych. Jako adsorbenty zastosowano zeolity syntetyczne (Na-P1 i Na-X) otrzymane z popiołów lotnych, zeolit naturalny (klinoptilolit) i adsorbent komercyjny (Damolin). Sorbenty scharakteryzowano pod kątem składu mineralnego i tekstury oraz zbadało ich właściwości adsorpcyjne względem popularnych paliw silnikowych. Zeolity syntetyczne z popiołów lotnych wykazały większe pojemności sorpcyjne względem tych paliw niż klinoptilolit i adsorbent firmy Damolin.

Ropa naftowa oraz produkty ropopochodne niepodważalnie stanowią w dzisiejszym świecie jedno z najważniejszych źródeł energii. Wydobycie, transport, magazynowanie, jak również eksploatacja ropy naftowej i jej produktów wiążą się z ryzykiem przedostania się tych substancji do środowiska. W konsekwencji może to doprowadzić do skażenia środowiska naturalnego, dotkliwych strat ekologicznych oraz ekonomicznych¹⁻³). Szczególnie niebezpieczne w skutkach są wycieki ropy naftowej lub jej produktów olejowych z tankowców i cystern transportowych. Zdarzenia takie powodują przedostanie się do środowiska bardzo dużych ilości substancji niebezpiecznych,

które w dalszej kolejności rozprzestrzeniają się w nim, docierając do gleb oraz wód gruntowych i podskórnych. Oprócz wycieków substancji ropopochodnych o dużym zasięgu bardzo często dochodzi do mniejszych wycieków lokalnych, np. w trakcie kolizji, wypadków drogowych lub drobnych awarii cystern. Wypadki te utrudniają ruch na drogach i stanowią zagrożenie dla środowiska naturalnego.

Negatywne skutki oddziaływania substancji ropopochodnych na organizmy żywe oraz środowisko wodne i glebowe wynikają z ich właściwości fizykochemicznych oraz z toksycznych właściwości niektórych związków organicznych w nich zawartych⁴⁻¹⁰). W dobie rozwijającej się industrializacji i rosnącego zapotrzebowania na produkty naftowe niezmiernie ważne jest więc poszukiwanie skutecznych i niedrogich materiałów do usuwania substancji ropopochodnych z mediów wodnych bądź podłoży stałych. Powszechnie stosuje się tu metody adsorpcyjne z wykorzystaniem różnego rodzaju adsorbentów. Według zespołu Adebajo¹¹) adsorbenty używane do usuwania rozlewisk olejowych można, w zależności od źródła pochodzenia, podzielić na trzy grupy: nieorganiczne materiały mineralne, organiczne materiały naturalne oraz syntetyczne organiczne polimery. Stosowane powszechnie nieorganiczne adsorbenty mineralne to w większości surowce pochodzenia naturalnego. Zaliczyć można do nich diatomity, ziemię okrzemkową, perlity, minerały ilaste, zeolity, popiół lotny, węgle aktywne oraz żel krzemionkowy. Organiczne adsorbenty naturalne to m.in. torf, trociny, drewno i kora odpadowa, celuloza z produkcji papieru i wyrobów bawełnianych, bawełna, kapok oraz łuski ryżowe. Materiały te często stanowią odpad roślinny w rolnictwie i w przetwórstwie rolno-przemysłowym. Do syntetycznych adsorbentów polimerowych można zaliczyć polipropylen, polietylen, poliakrylan, polistyren i poliuretany, z których wykonuje się np. rękawy, maty, ścierki, chodniki oraz poduszki pochłaniające ciecz niebezpieczną.

Zdecydowana większość prac badawczych poświęconych adsorpcji substancji ropopochodnych dotyczy usuwania ich ze środowiska



Mgr Lidia BANDURA w roku 2011 ukończyła studia na Wydziale Chemii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Jest asystentem naukowym w Katedrze Geotechniki na Wydziale Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej. Specjalność – synteza i wykorzystanie zeolitów z popiołów lotnych w inżynierii środowiska.



Dr inż. Małgorzata FRANUS w roku 1998 ukończyła studia na Wydziale Ceramiki i Inżynierii Materiałowej AGH w Krakowie. Pracuje na stanowisku adiunkta w Katedrze Geotechniki w Wydziale Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej. Specjalność – badania dotyczące modyfikacji właściwości powierzchniowych i utylizacji przepracowanych sorbentów mineralnych.

wodnego^{12, 13}). Mimo iż wycieki olejowe na lądzie zdarzają się zdecydowanie częściej, problem adsorpcji związków ropopochodnych ze środowisk niewodnych rozpatrywano w literaturze stosunkowo rzadko¹⁴⁻¹⁶).

Wśród mineralnych adsorbentów ważną rolę odgrywają zeolity. Są to porowate glinokrzemiany o krystalicznej strukturze zawierającej system kanałów i komór, którym zawdzięczają swoje wyjątkowe właściwości. Wśród nich można rozróżnić zdolności jonowymienne, adsorpcyjne, molekularno-sitowe oraz katalityczne^{17, 18}). Właściwości adsorpcyjne i porowata struktura tych minerałów wskazują na możliwość ich zastosowania jako adsorbentów związków ropopochodnych.

W grupie zeolitów na szczególną uwagę zasługują zeolity syntetyczne, zwłaszcza te, które mogą być wytwarzane z surowców odpadowych, m.in. z popiołów lotnych¹⁹⁻²²). Odpowiednio dobrane warunki prowadzenia procesu syntezy umożliwiają otrzymanie różnych typów struktur zeolitów. Uzyskany w ten sposób materiał mineralny wyróżnia się niskim kosztem produkcji, trwałością, obojętnością chemiczną, niepalnością i dużymi pojemnościami adsorpcyjnymi. Cechy te są charakterystyczne dla najwyższej klasy adsorbentów przeznaczonych do usuwania substancji ropopochodnych.

Celem pracy było określenie zdolności adsorpcyjnych minerałów z grupy zeolitów względem popularnych paliw silnikowych, a także porównanie możliwości adsorpcyjnych zeolitów z mineralnym adsorbentem przemysłowym używanym do usuwania substancji ropopochodnych z nawierzchni stałych.

Część doświadczalna

Materiały

Do badań wykorzystano naturalny minerał zeolitywny klinoptilolit, syntetyczne zeolity z popiołu lotnego o typach struktury Na-P1 i Na-X oraz popularny adsorbent przemysłowy do usuwania substancji ropopochodnych firmy Damolin. Klinoptilolit pozyskano ze skały zwanej tufem zeolitywnym, wydobywanej w kopalni Sokyrnytsya (region zakarpacki, Ukraina). Skałę rozkruszono i do dalszych badań wydzielono frakcję 0,5–1 mm. Zeolity syntetyczne otrzymano metodą hydrotermalnej konwersji popiołu lotnego klasy F z wodorotlenkiem sodu. Popiół lotny użyty do syntez pochodził z konwencjonalnego spalania węgla kamiennego w Elektrowni Koziennice²³). Zeolity syntetyczne otrzymano poprzez zmieszanie 20 g popiołu lotnego z 0,5 dm³ roztworu NaOH o stężeniu 3 M. Połączone substraty pozostawiono na 24 h w temp. 75°C i 95°C w celu otrzymania struktur zeolitywnych typu odpowiednio Na-X i Na-P1²⁴). Adsorbent komercyjny został wyprodukowany na bazie ziemi okrzemkowej (diatomitów) przez duńską firmę Damolin. Właściwości sorpcyjne względem substancji ropopochodnych materiałów zeolitywnych określano względem popularnych paliw silnikowych Verva On i Biodiesel B100.

Metodyka badań i aparatura

Skład mineralny adsorbentów oznaczono metodą dyfraktometrii proszkowej XRD, wykorzystując dyfraktometr rentgenowski Panalytical X'pert APD z goniometrem PW 3020 i lampą Cu oraz monochromatorem grafitowym. Analizę wykonano w zakresie kątowym 5–65 (2θ). Do interpretacji danych dyfrakcyjnych użyto oprogramowania HighScore. Obecność fazy zeolitywniej Na-P1 w produktach konwersji popiołu lotnego oznaczono, wykorzystując najmocniejsze refleksy $d_{hkl} = 7,10; 5,01; 4,10$ i $3,18$ Å charakterystyczne dla tej fazy. Faza zeolitywna typu Na-X została rozpoznana po charakterystycznych odległościach międzypłaszczyznowych $d_{hkl} = 14,47; 3,81; 5,73; 8,85; 4,42; 7,54; 4,81$ i $3,94$ Å. Morfologię głównych składników mineralnych badanych sorbentów oznaczono za pomocą mikroskopu skaningowego (SEM) FEI Quanta 250 FEG. Do badania teksturalnych właściwości adsorbentów wykorzystano izotermę adsorpcji/desorpcji par azotu w temp. -194,85°C, po wcześniejszym odgazowaniu próbki w warunkach ściśle kontrolowanej temperatury (250°C przez 24 h) i obniżonego ciśnienia (10^{-3} hPa). Powierzchnię właściwą oznaczono, wykorzystując teorię wielowarstwowej adsorpcji Brunauera, Emmetta i Tellera (BET) przy stosunku ciśnienia równowagowego i ciśnienia pary nasyconej azotem p/p_0 wynoszącym 0,06–0,3. Objętość porów V_p określono z objętości zaadsorbowanego azotu pod ciśnieniem $p/p_0 = 0,98$. Badania tekstury przeprowadzono przy użyciu sorptomatu ASAP 2020 firmy Micromeritics.

Zbadano również właściwości reologiczne produktów ropopochodnych. Do pomiarów lepkości olejów wykorzystano reometr rotacyjny Brookfield R/S+ z termostatem Lauda Ecoline RE 206, wyposażonym w cyfrowy kontroler temperatury. Gęstość właściwą wyznaczono metodą piknometryczną.

Badania adsorpcji olejów przeprowadzono w warunkach dynamicznych, z użyciem szklanych kolumn wypełnionych badanymi adsorbentami mineralnymi. Do kolumn o długości 50 cm i średnicy 1 cm włożono krążki filtracyjne i wypełniono je 10 g adsorbentu (złożę klinoptilolitu, zeolitów syntetycznych Na-P1 i Na-X oraz adsorbent komercyjny). Następnie kolumny wypełnione złożem zalano olejem aż do całkowitego wysycenia złoża, a pozostałości oleju usunięto delikatnie pod zmniejszonym ciśnieniem. Pojemność sorpcyjną adsorbentów PS , g/g, wyliczono na podstawie różnicy masy złoża przed i po procesie adsorpcji, przyjmując za wynik średnią arytmetyczną z czterech powtórzeń.

Następnie kolumny wypełnione złożem zalano olejem aż do całkowitego wysycenia złoża, a pozostałości oleju usunięto delikatnie pod zmniejszonym ciśnieniem. Pojemność sorpcyjną adsorbentów PS , g/g, wyliczono na podstawie różnicy masy złoża przed i po procesie adsorpcji, przyjmując za wynik średnią arytmetyczną z czterech powtórzeń.

Wyniki badań

Charakterystyka materiałów

Skład mineralny wybranych do badań zeolitów przedstawiono na rys. 1. Klinoptilolit rozpoznano po charakterystycznych odległościach międzypłaszczyznowych $d_{hkl} = 8,95; 7,94; 3,96$ i $3,90$ Å. Jego zawartość ilościowa w próbce tufu wynosiła ok. 75%. Pozostałe składniki w mineralu zeolitywnym to opał CT, kwarc i skalenie. Zawartość ilościowa zeolitu Na-P1 w produktach reakcji syntezy wynosiła ok. 80%. Skład mineralny materiałów zeolitywnych otrzymanych z popiołu lotnego uzupełniał mullit, kwarc i resztki nieprzereagowanego szkliwa glinokrzemianowego. W składzie mineralnym adsorbentu komercyjnego dominowały mineraloidy z grupy krzemionki, głównie opał i chalcodon. Ich obecność w składzie mineralnym była podkreślona przez wyraźne podniesienia tła dyfraktogramu w zakresie kątowym 15–35° (2θ). Skład mineralny tego materiału uzupełniały skalenie o charakterze plagioklazów, kwarc oraz śladowe ilości illitu i hematytu. Zawartość fazy zeolitywniej Na-X w produktach reakcji wynosiła 60%.

Obserwacje w elektronowym mikroskopie skaningowym SEM wskazały, że klinoptilolit występujący w tufie zeolitywnym tworzył



Mgr Rafał PANEK w roku 2007 ukończył studia na Wydziale Chemii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Jest pracownikiem w Laboratorium Budownictwa Politechniki Lubelskiej na Wydziale Budownictwa i Architektury w Lublinie. Specjalność – inżynieria środowiska.



Mgr inż. Agnieszka WOSZUK w roku 2009 ukończyła studia na Wydziale Inżynierii Budowlanej i Sanitarnej Politechniki Lubelskiej. Jest asystentem w Katedrze Dróg i Mostów na Wydziale Budownictwa i Architektury tej uczelni. Specjalność – technologia nawierzchni drogowych.

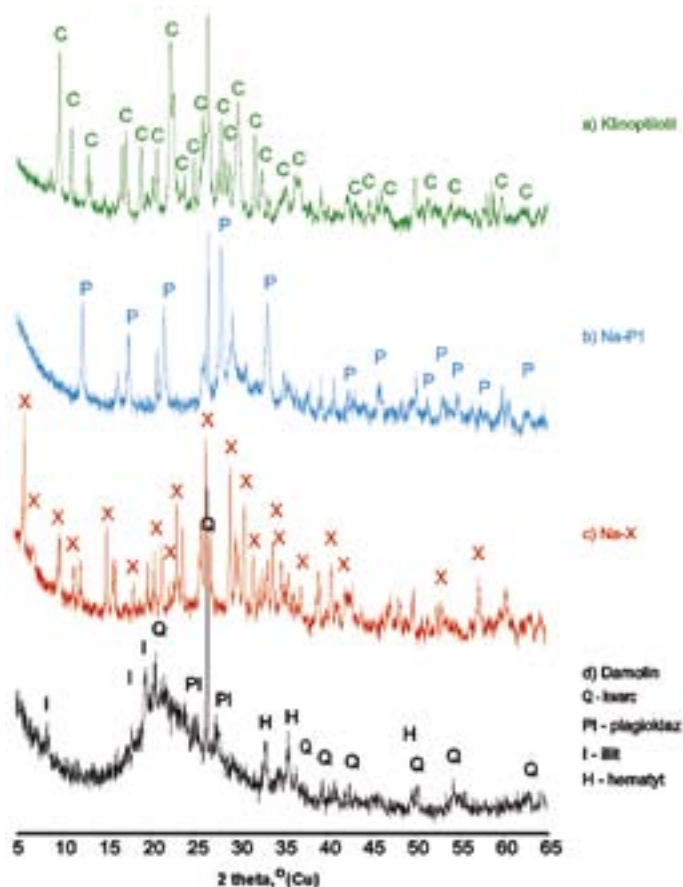


Fig. 1. XRD patterns of the adsorbents (a) clinoptilolite, (b) Na-P1, (c) Na-X, (d) commercial adsorbent

Rys. 1. Rentgenowska analiza fazowa adsorbentów (a) klinoptilolit, (b) Na-P1, (c) Na-X, (d) adsorbent komercyjny

kryształy o pokroju cienkich płytek, niekiedy o zaznaczonym heksagonalnym kształcie, których rozmiary sięgały 10–30 μm . Analiza chemiczna w mikroobszarze wykazała dominujący udział jonów wapnia w pozycjach jonowymiennych. Zeolit syntetyczny typu Na-P1 występował w postaci słupków tworzących rozetowe zrosty, których wielkość osiągała najczęściej 2–3 μm . Zeolit syntetyczny typu Na-X występował w formie regularnych kryształów o pokroju izometrycznym i wielkości ziaren w zakresie 3–6 μm . W przypadku zeolitów otrzymanych z popiołów lotnych dominującym kationem wypełniającym komory i kanały szkieletu krystalicznego był kation sodu. Odmiennej charakter mikrostrukturalny wykazał handlowy Damolin. W obrazach mikroskopu skaningowego był widoczny znaczący udział fragmentów organizmów

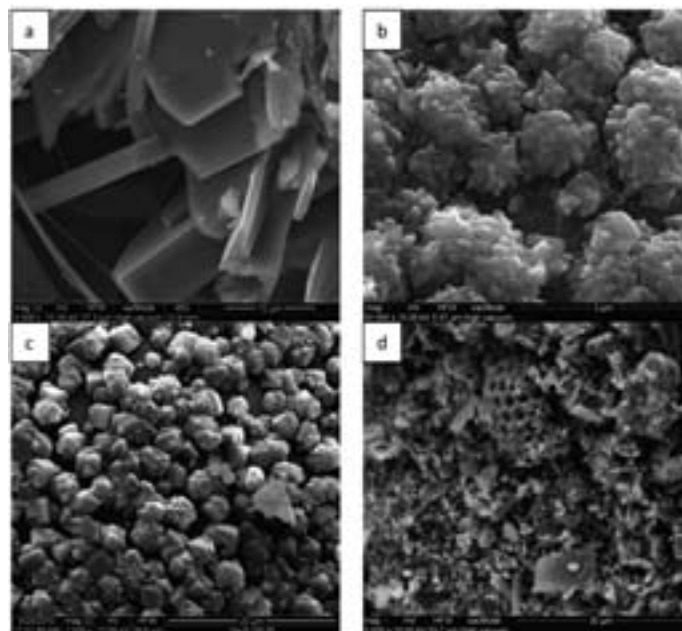


Fig. 2. SEM images of the studied adsorbents (a) clinoptilolite, (b) Na-P1, (c) Na-X, (d) Damolin

Rys. 2. Fotografie SEM badanych adsorbentów (a) klinoptilolit, (b) Na-P1, (c) Na-X, (d) Damolin

o charakterze okrzemek, których panczerzyki były zbudowane z opalu/chalcedonu (rys. 2).

Na rys. 3 przedstawiono przebieg izoterm adsorpcji/desorpcji azotu badanych adsorbentów. Według klasyfikacji IUPAC izotermi klinoptilolitu, Na-P1 i adsorbentu komercyjnego reprezentują izotermę typu II. Izotermę adsorpcji/desorpcji azotu dla zeolitu Na-X w początkowym zakresie p/p_0 można było opisać jako izotermę typu I (Langmuira), a w zakresie ciśnień pośrednich i wyższych jako izotermę typu II.

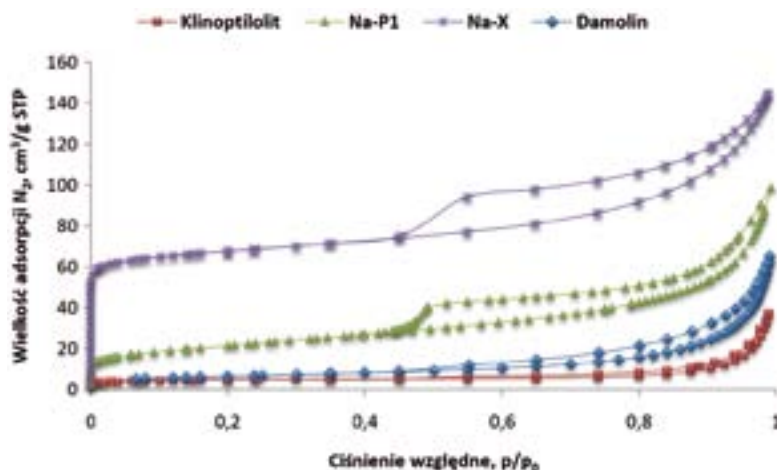


Fig. 3. Nitrogen adsorption/desorption isotherms of the studied adsorbents

Rys. 3. Izotermi adsorpcji/desorpcji azotu badanych adsorbentów

Pętla histerezy przy $p/p_0 > 0,4$ badanych zeolitów syntetycznych można było przyporządkować do typu H2/H3 (wg klasyfikacji IUPAC). Mogły one świadczyć o porach pokroju wąskich szczelin o nieregularnych rozmiarach i kształcie²⁵ lub obecności porów butelkowych i w kształcie kałamarza^{26, 27}. Pętla histerezy klinoptilolitu i adsorbentu komercyjnego reprezentowały typ H3.

Parametry teksturalne badanych adsorbentów obliczono na podstawie przebiegu izoterm sorpcji/desorpcji azotu i liczbowo zestawiono w tabeli. Klinoptilolit wykazywał najmniejszą powierzchnię właściwą spośród badanych adsorbentów. Nieco większą powierzchnię właściwą miał adsorbent komercyjny firmy Damolin. Zeolity syntetyczne charakteryzowały się największymi wartościami powierzchni właściwej, która



Dr hab. inż. Wojciech FRANUS, prof. PL w roku 1996 ukończył studia na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie o specjalności mineralogia stosowana. Pracuje na stanowisku profesora w Katedrze Geotechniki na Wydziale Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej. Specjalność – badania zeolitów naturalnych i syntetycznych w aspekcie stosowania ich w technologiach usuwania zanieczyszczeń ze środowiska, produkcji materiałów budowlanych i rolnictwa.

* Autor do korespondencji:

Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska, ul. Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin, tel.: (81) 538-43-99, fax: (81) 538-46-48, e-mail: w.franus@pollub.pl

Table. Textural properties of the studied adsorbents

Tabela. Właściwości teksturalne badanych adsorbentów

Adsorbent	Powierzchnia właściwa, m ² /g	Objętość mikroporów, cm ³ /g	Powierzchnia mikroporów, m ² /g	Objętość mezoporów, cm ³ /g	Powierzchnia mezoporów, m ² /g	Średnia średnica porów, μm
Klinoptilolit	18,3	0,005	10,65	0,046	7,68	10,0
Na-P1	75,6	0,004	8,77	0,149	66,82	7,4
Na-X	236,4	0,077	173,45	0,214	62,99	3,6
Damolin	24,1	0,001	2,39	0,089	21,72	16,1

znacznie przewyższała powierzchnie właściwe klinoptilolitu i sorbentu komercyjnego. Z danych zamieszczonych w tabeli wyraźnie wynika, że materiały były bardzo zróżnicowane pod kątem porowatości. Materiał typu Na-X miał pory najwęższe (o średnicach ok. 3,6 nm), a adsorbent komercyjny miał pory najszersze. Średnie średnice porów dla klinoptilolitu oraz Na-P1 charakteryzowały się podobnymi wartościami, jednak Na-P1 był materiałem o zdecydowanie większej porowatości.

Paliwa użyte do badań charakteryzowała zbliżona gęstość wynosząca 0,833 g/cm³ i 0,876 g/cm³ dla odpowiednio Vervy On i Biodiesla. Różniły się one jednak znacznie lepkością dynamiczną, która wynosiła 0,36·10⁻⁷ Pa·s dla Vervy i 0,66·10⁻⁷ Pa·s dla Biodiesla. Różnice te wynikały z różnego składu jakościowego i ilościowego badanych olejów.

Adsorpcja olejów

Wyniki badań adsorpcji olejów na złożach adsorbentów mineralnych przedstawiono na rys. 4. Najmniejszą sorpcję oleju zaobserwowano na klinoptilolicie. Złoże to zasorboowało 2,86–3,48 g oleju Verva On i 2,91–3,92 g oleju Biodiesel. Fakt ten można było wytłumaczyć niewielką wartością powierzchni właściwej tego materiału oraz jego niewielką porowatością. Zdecydowanie więcej oleju zasorboowało złoże Na-X (8,61–10,37 g Vervy i 10,82–11,82 g Biodiesla) oraz Na-P1 (12,07–13,01 g i 12,36–16 g dla odpowiednio Vervy i Biodiesla). Sorbent komercyjny wykazał sorpcję oleju Verva zbliżoną do sorpcji Na-X. Złoże adsorbentu komercyjnego zasorboowało 8,01–8,47 g oleju Verva i 9,26–9,72 g oleju Biodiesel. Na rys. 5 przedstawiono średnie pojemności sorpcyjne dla badanych adsorbentów, wyznaczone ze wzoru (1):

$$PS = \frac{M - M_0}{M} \quad (1)$$

w którym M_0 oznacza masę złoża przed sorpcją, g, a M masę złoża po adsorpcji, g. Otrzymane wyniki badania pojemności sorpcyjnej PS były związane z wartościami powierzchni właściwej adsorbentów, a przede wszystkim z powierzchnią i udziałem mezoporów. Adsorbentami o największych pojemnościach sorpcyjnych okazały

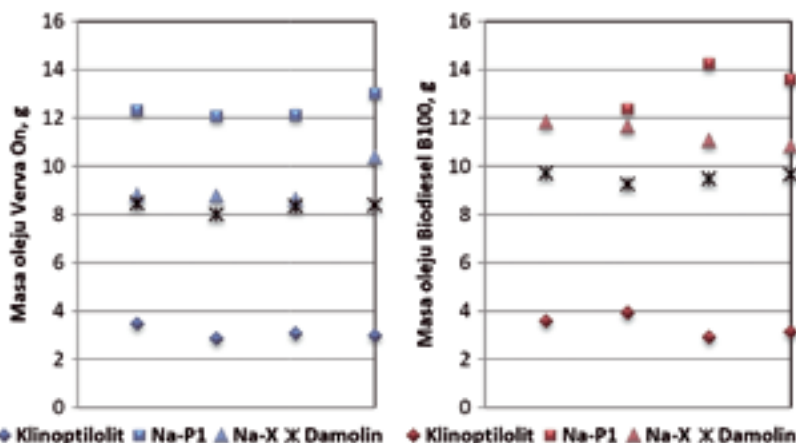


Fig. 4. Sorption of Verva and Biodiesel oils on the adsorbents (sample mass 10 g, 4 repetitions)

Rys. 4. Sorpcja olejów Verva i Biodiesel przez adsorbenty (masa naważki 10 g, 4 powtórzenia)

się zeolity syntetyczne z popiołu lotnego. Duże zdolności pochłaniania- jące zawdzięczały one bardzo dobrze rozwiniętej powierzchni właściwej, gdzie duży udział w jej budowa- niu miały mezopory. Na uwagę zasługuje fakt, że mimo zdecydowa- nanie większej sumarycznej powierzh- ni właściwej zeolitu typu Na-X niż Na-P1, to ten drugi miał zdecydo- wanie większy udział mezoporów. Stąd też jego pojemność sorpcyjna

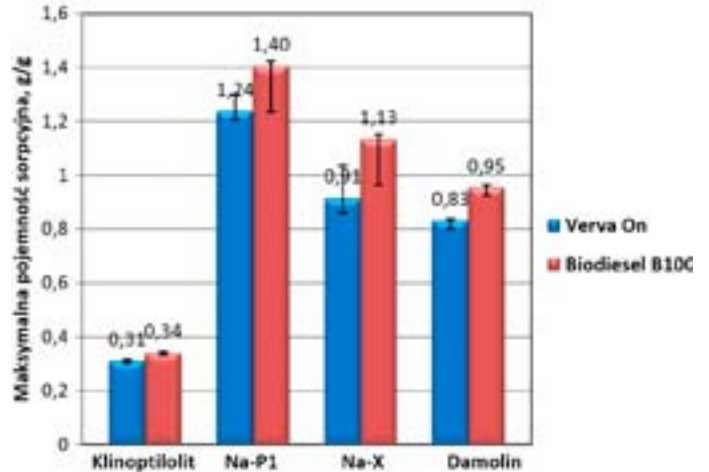


Fig. 5. Average maximum sorption capacities of the adsorbents in relations to the oils, g/g

Rys. 5. Średnie maksymalne pojemności sorpcyjne adsorbentów względem olejów, g/g

względem badanych paliw była największa spośród testowanych adsorbentów mineralnych. Nie bez znaczenia były również średnie wartości średnic mezoporów w adsorbentach. Pory o szerszych średnicach umożliwiały lepsze pochłanianie substancji ropopochodnych. Wynika z tego, że adsorpcja substancji olejowych, stanowiących mieszaninę węglowodorów o dosyć dużej lepkości, zależała od wielkości porów adsorbentu. Adsorpcja tego typu substancji mogła zachodzić na powierzchni porów o dostatecznie szerokich wejściach. Dlatego też mikropory były zbyt małe, by móc brać udział w adsorpcji substancji olejowych. Po adsorpcji olejów w mezoporach następował proces adsorpcji na zewnętrznych powierzchniach ziaren adsorbentu.

Parametry fizykochemiczne olejów (lepkość, gęstość) wpływały na pojemność sorpcyjną. W trakcie doświadczenia można było zauważyć znaczną różnicę czasu pochłaniania oleju i odcięcia próbek. Nieco szybciej proces ten zachodził na danym adsorbencie w przypadku oleju Verva On, a wolniej w przypadku Biodiesla B100. Było to związane z wartościami lepkości dynamicznej, która dla Biodiesla była większa. Gęstość badanych olejów miała odzwierciedlenie w wartościach maksymalnych pojemności sorpcyjnych. Biodiesel (olej o gęstości nieco większej) adsorbował się w większych ilościach niż Verva On.

Mniejsze odchylenia od wartości średniej pojemności sorpcyjnej wykazywały adsorbenty o uziarnieniu większym (klinoptilolit oraz adsorbent komercyjny). Zeolity mające formę proszku charakteryzowały się większymi odchyleniami wartości pojemności sorpcyjnej od wartości średniej.

Podsumowanie

Wykazano, iż zeolity syntetyczne charakteryzują się dużą zdolnością adsorpcji produktów ropopochodnych. Najlepszym adsorbentem pod względem pochłaniania substancji ropopochodnych okazał się zeolit syntetyczny

o typie struktury Na-P1. Jego średnia maksymalna pojemność sorpcyjna wyznaczona metodą wagową wynosiła 1,24 g/g względem paliwa Verva On i 1,40 g/g względem Biodiesla B100. Wartości te okazały się większe od średnich maksymalnych pojemności sorpcyjnych względem badanych substancji osiąganych przez adsorbent komercyjny, który jest jednym z najczęściej stosowanych obecnie sorbentów do usuwania rozlewisk olejowych z nawierzchni utwardzonych. Zeolity syntetyczne z popiołów lotnych mogą być z powodzeniem wykorzystywane jako adsorbenty alternatywne dla naturalnych mineralnych sorbentów substancji ropopochodnych ze względu na swoje duże zdolności adsorpcyjne, a także sposób wytwarzania. Wykorzystanie do ich produkcji odpadowych popiołów lotnych pozwoli na zmniejszenie deponowanych ilości popiołów i przyczyni się do ograniczenia eksploatacji nieodnawialnych surowców naturalnych. Tego typu materiały są przykładem rozwiązań mających na celu zrównoważony rozwój gospodarczy idący w parze z ochroną środowiska.

Praca była finansowana ze środków NCBiR w ramach Programu Badań Stosowanych PBS1/A2/7/2012. Doktoranci uczestniczą w projekcie Urzędu Marszałkowskiego Województwa Lubelskiego „Stypendia naukowe dla doktorantów pracujących w ramach zespołów badawczych”.

Otrzymano: 13-01-2015

LITERATURA

1. O. Carmody, R. Frost, Y. Xi, S. Kokot, *J. Therm. Anal. Calorim.* 2008, **91**, 809.
2. J. Wang, Y. Zheng, A. Wang, *Ind. Crops Prod.* 2012, **40**, 178.
3. J. Zhang, J. Dai, H. Chen, X. Du, W. Wang, R. Wang, *J. Geochem. Explor.* 2012, **118**, 19.
4. C. Alonso-Alvarez, C. Pérez, A. Velando, *Aquat. Toxicol.* 2007, **84**, nr 1, 103.
5. F. Aguilera, J. Méndez, E. Pásaro, B. Laffon, *J. Appl. Toxicol.* 2010, **30**, nr 4, 291.
6. A.C.O. Chagas-Spinelli, M.T. Kato, E.S. de Lima, S. Gavazza, *J. Environ. Manage.* 2012, **113**, 510.
7. M.-C. Leewis, C.M. Reynolds, M.B. Leigh, *Cold Reg. Sci. Technol.* 2013, **96**, 129.
8. C.D. Franci, M. Guillemette, E. Pelletier, O. Chastel, S. Bonnefoi, J. Verreault, *Sci. Total Environ.* 2014, **473-474**, 110.
9. P.F. Kingston, *Spill Sci. Technol. Bull.* 2002, **7**, nr 1-2, 53.
10. B. Szala, T. Bajda, J. Matusik, K. Zięba, B. Kijak, *Microporous Mesoporous Mater.* 2015, **202**, 115.
11. M.O. Adebajo, R.L. Frost, J.T. Klopogge, O. Carmody, S. Kokot, *J. Porous Mater.* 2003, **10**, 159.
12. E.A. Emam, *Am. J. Environ. Prot.* 2013, **2**, nr 6, 161.
13. R. Wahi, L.A. Chuah, T.S.Y. Choong, Z. Ngaini, M.M. Nourouzi, *Sep. Purif. Technol.* 2013, **113**, 51.
14. D. Zadaka-Amir, N. Bleiman, Y.G. Mishael, *Microporous Mesoporous Mater.* 2013, **169**, 153.
15. O. Carmody, R. Frost, Y. Xi, S. Kokot, *Surf. Sci.* 2007, **601**, 2066.
16. O. Carmody, R. Frost, Y. Xi, S. Kokot, *J. Colloid Interface Sci.* 2007, **305**, 17.
17. W. Franus, K. Dudek, *Geologica Carpathica* 1999, **50**, 23.
18. S. Chałupnik, W. Franus, M. Wysocka, G. Gzyl, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2010, nr 11, 7900.
19. W. Franus, *Polish J. Environ. Stud.* 2012, **21**, nr 2, 337.
20. M. Wdowin, M. Franus, R. Panek, L. Badura, W. Franus, *Clean Technol. Environ. Policy* 2014, **16**, nr 6, 1217.
21. N.M. Musyoka, L.F. Petrik, O.O. Fatoba, E. Hums, *Miner. Eng.* 2013, **53**, 9.
22. R. Sommerville, R. Blissett, N. Rowson, S. Blackburn, *Int. J. Miner. Process.* 2013, **124**, 20.
23. W. Franus, M. Wdowin, M. Franus, *Environ. Monit. Assess.* 2014, **186**, nr 9, 5721.
24. W. Franus, M. Wiatros-Motyka, M. Wdowin, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2015, DOI: 10.1007/s11356-015-4111-9.
25. G. Leofanti, M. Padovan, G. Tozzola, B. Venturini, *Catal. Today* 1998, **41**, 207.
26. M. Sprynsky, M. Lebedynets, A.P. Terzyk, P. Kowalczyk, J. Namieśnik, B. Buszewski, *J. Colloid Interface Sci.* 2005, **284**, 408.
27. K.-J. Kim, H.-G. Ahn, *Microporous Mesoporous Mater.* 2012, **152**, 78.

INSTYTUT INŻYNIERII MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH I BARWNI KÓW w TORUNIU

ODDZIAŁ FARB I TWORZYW w GLIWICACH

zaprasza do udziału w XI Międzynarodowej Konferencji
pt.

ADVANCES IN PLASTICS TECHNOLOGY

(POSTĘPY W TECHNOLOGII TWORZYW POLIMEROWYCH)

która odbędzie się w dniach **13–15 października 2015 r.**

na terenie Centrum Wystawienniczego EXPO SILESIA w **Sosnowcu**, ul. Braci Mieroszewskich 124

Tematyka Konferencji:

- ▶ **Nowości w zakresie bazy surowcowej dla tworzyw:** materiały polimerowe (żywice, mieszanki do formowania, polimery biodegradowalne, nanopolimery), kompozyty i nanokompozyty polimerowe, pigmenty i barwniki, koncentraty polimerowe, napełniacze i dodatki wzmacniające, środki pomocnicze i modyfikatory
- ▶ **Osiągnięcia w zakresie przetwórstwa tworzyw i ich stosowania**
- ▶ **Nowoczesne rozwiązania dotyczące maszyn i oprzyrządowania w przetwórstwie tworzyw**
- ▶ **Ochrona środowiska naturalnego, recykling, regulacje prawne**
- ▶ **Zagadnienia badawcze i rozwojowe oraz kontrolno-pomiarowe**
- ▶ **Trendy rynkowe**

Językiem konferencji będzie język angielski i polski z symultanicznym tłumaczeniem.

Opłata konferencyjna dla osoby wygłaszającej referat lub prezentującej plakat wynosi **300 euro (brutto)**.

Wszystkie materiały od osób prezentujących referaty i plakaty naukowe, tj.: skrót referatu lub plakatu (do 120 słów), biografia autora (do 50 słów), pełny tekst referatu lub plakatu (do 10 stron formatu A-4), powinny być dostarczone w języku angielskim. Tytuł referatu prosimy dostarczyć w j. angielskim i polskim. Czas prezentacji referatu wynosi ok. 25 minut (wraz z dyskusją).

Tytuł referatu lub plakatu wraz z jego skrótem oraz biografią osoby prezentującej powinny być dostarczone w terminie do **30.05.2015 r.**, natomiast **tekst referatu** (artykułu, będącego przedmiotem plakatu) do **31 sierpnia 2015 r.** na adres podany poniżej:

Istnieje możliwość **promocji** firmy w formie **wkładki reklamowej** do materiałów konferencyjnych, **plakatu** lub **stanowiska promocyjnego** przed salą konferencyjną.

Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników
Oddział Farb i Tworzyw

Anna PAJĄK — Przewodnicząca Komitetu Organizacyjnego

ul. Chorzowska 50A, 44-100 Gliwice

tel. bezp.: 32/ 231 9043; centrala: 32/ 2319041 i 42; Fax:32/ 231 2674;

e-mail: a.pajak@impib.pl; www. impib.pl