

# Usuwanie jonów Ni(II) w obecności DS z wód i ścieków

Marzena GĘCA, Zbigniew HUBICKI – Zakład Chemii Nieorganicznej, Wydział Chemii UMCS, Lublin

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2012, 66, 12, 1352-1359

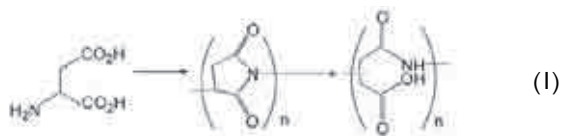
## Wprowadzenie

Występowanie metali ciężkich w wodach i ściekach stanowi poważne zagrożenie dla zdrowia człowieka. Jednym z takich niebezpiecznych pierwiastków jest nikiel. Zawartość tego metalu w ściekach przemysłowych i komunalnych waha się w granicach 20-4000 mg/kg. Istotnym źródłem zanieczyszczenia środowiska nikiem jest jego emisja do powietrza atmosferycznego w wyniku procesu spalania węgla i paliw płynnych. Duże ilości niklu dostają się do wód powierzchniowych ze ściekami komunalnymi, w których stężenie tego pierwiastka przekracza 3000 mg/dm<sup>3</sup>.

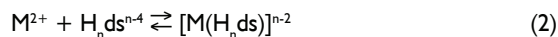
O tym czy substancja stwarza zagrożenie dla zdrowia człowieka i środowiska przyrodniczego decydują jej cechy fizyczne i chemiczne, a skutki zależą od dawki i czasu działania. Toksyczność niklu wynika z jego dużej ruchliwości zarówno w glebie, jak i w roślinach. Przystawalność niklu dla roślin zwiększa się, jeżeli w glebie występują formy mobilne oraz jeżeli pH gleby obniży się poniżej 6. Pierwiastek ten łatwo ulega bioakumulacji głównie w nasionach i ziarnach. W przypadku ludzi narażonych na dłuższą ekspozycję na nikiel i jego związki, pierwiastek ten może wywoływać raka płuc (związki o małej rozpuszczalności tj. pył metalicznego niklu, siarczek i tlenek niklu odkładają się w płucach). Roztwór siarczynu(VI) niklu, który jest sklasyfikowany jako związek kancerogenny, naniesiony na skórę człowieka po 24 h wchłania się w 55-75%. Natomiast nikiel pobierany drogą pokarmową kumuluje się głównie w kościach, organach mięsnych, mięśniu sercowym, skórze i różnych gruczołach. Najbardziej toksycznym związkiem niklu jest karbonyl niklu, który do organizmu wnika głównie przez drogi oddechowe i częściowo przez skórę. Warto również pamiętać, że związki niklu powodują schorzenia skórne o charakterze alergicznym.

Biorąc pod uwagę negatywny wpływ jonów niklu na organizmy żywe, oczyszczanie ścieków zawierających te jony jest jednym z kluczowych zadań, jakie stoją przez ochroną środowiska. Procesy związane z odzyskiwaniem niklu(II) z różnych układów są tematem wielu publikacji. Wynika to m.in. z powszechnego wykorzystania tego metalu do sporządzania powłok ochronnych, spośród których wymienić należy strącanie chemiczne, wymianę jonową, adsorpcję, filtrację membranową oraz technologie elektrochemiczne. Spośród nich adsorpcja, wykorzystująca zjawisko wymiany jonowej, jest jedną z głównych technik usuwania metali ciężkich z wody lub ścieków. Technika ta oferuje najwyższą elastyczność w projektowaniu i eksploatacji oraz wysoką skuteczność, szczególnie w przypadku usuwania jonów o niskich stężeniach. Przykładem może być zastosowanie jonitów chelatujących o grupach aminofosfonowych, iminodiocetowych, bispikoliloaminowych, a także kationitów o grupach karboksylowych i sorbentów niskokosztowych w procesie usuwania jonów Ni(II) z wód i ścieków [1 ÷ 6].

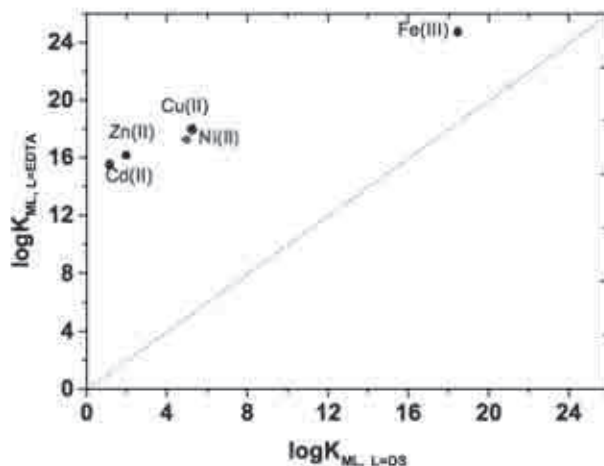
W niniejszej pracy zbadano możliwość wydzielania jonów Ni(II) w obecności kwasu poliasparaginowego (DS) na jonitach Lewatit MonoPlus M 800 i Lewatit MK-5 I. Sól sodowa kwasu poliasparaginowego (Baypure DS 100, w pracy oznaczona jako DS) powstaje w procesie polimeryzacji termicznej kwasu asparaginowego, a następnie hydrolizy zasadowej zgodnie z równaniem:



Sposób prowadzenia syntezy wpływa na chemiczną strukturę powstających poliasparagininów i decyduje o ich ciężarze cząsteczkowym i strukturze. DS charakteryzuje się bardzo dobrymi właściwościami antykorozyjnymi, trwałością i niską toksycznością [6]. Wykazano, że w wiązaniu jonów metali biorą udział reszty asparaginowe, przy czym dla polimeru o masie 10.000, 72 reszty asparaginowe należy traktować jako 18 cząsteczek kwasu poliasparaginowego (H<sub>4</sub>ds). Dodatkowo stwierdzono, że przy pH 1,0 ok. 100% DS występuje jako H<sub>4</sub>ds, dla pH 3,0 ok. 70% to H<sub>3</sub>ds<sup>-</sup>, dla pH > 4,0 ok. 48% to H<sub>2</sub>ds<sup>2-</sup>, przy pH 4,8 ok. 65% to Hds<sup>3-</sup> i przy pH > 7,0 praktycznie 100% to ds<sup>4-</sup> [7]. Ogólną reakcję tworzenia kompleksów M(II) z DS można przedstawić zgodnie z poniższym równaniem (gdzie n=0-3):



Kompleksy M(II)-DS=1:1 wykazują znacznie mniejsze wartości warunkowych stałych trwałości w porównaniu z analogicznymi kompleksów z EDTA (kwas etylenodiaminotetraoctowy). Porównanie tych wartości dla wybranych kompleksów z DS i EDTA przedstawiono na Rysunku 1.



Rys. 1. Porównanie wartości warunkowych stałych trwałości wybranych kompleksów metali z EDTA i DS.

Przemysł farmaceutyczny i medyczny wykorzystuje nietoksyczność i obojętność biologiczną poliasparagininów do produkcji materiałów biomedycznych i środków sanitarnych. Kwas poliasparaginowy jako superabsorber znalazł zastosowanie również w rolnictwie (AmiSorb®). DS może być stosowany jako czynnik antykorozyjny, dyspergujący oraz opóźniający proces tworzenia się kamienia kotłowego, a także jako składnik detergentów.

Przedstawione w pracy badania prowadzono metodą statyczną. Na ich podstawie określono wpływ czasu kontaktu faz, pH, temperatury i stężenia jonów Ni(II) i DS w roztworze na efektywność tego procesu.

### Część eksperymentalna

Badania prowadzono metodą statyczną, w układzie 0,001 M Ni(II)-DS=1:1. Skompleksowane roztwory Ni(II) z DS uzyskano przez zmieszanie roztworów: NiCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O z roztworem Baysure DS 100. Podstawowe właściwości fizykochemiczne wytypowanych w pracy jonitów przedstawiono w Tabelcy I.

Tabela I

Charakterystyka jonitów Lewatit MonoPlus M 800 i Lewatit MK-51.

Nazwa jonitu	Szkielet	Rodzaj grup funkcyjnych	Struktura	Pojemność
Lewatit MonoPlus M800	PS-DVB	IV-rzędowe amoniowe typ I	żelowa	1,4 val/dm <sup>3</sup>
Lewatit MK 51	PS-DVB	glukaminowe	makroporowata	1,1 val/dm <sup>3</sup>

Badania statyczne przeprowadzono w kolbach stożkowych o pojemności 100 cm<sup>3</sup> zamykanych szczelnie korkiem silikonowym. Do kolbek wprowadzano 0,2 g jonitu w odpowiedniej formie oraz 20 cm<sup>3</sup> roztworu wodnego zawierającego w/w kompleksy w ilości od 1 × 10<sup>-3</sup> M do 6 × 10<sup>-3</sup> M. Następnie umieszczano je w wytrząsarce mechanicznej (Elphin 357, Elpin Plus, Polska) i mieszano ich zawartość w temperaturze pokojowej w ustalonym czasie (od 1 do 120 min.). Po zakończeniu intensywnego wytrząsania, mieszaninę sączono przez sączek w celu oddzielenia jonitu od roztworu. Zawartość Ni(II) w roztworze oznaczano metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (AAS) na spektrometrze Spectra 240FS (Varian, Australia).

Ilość zabsorbowanych jonów Ni(II) w zależności od czasu kontaktu faz (q<sub>t</sub>), pH, temperatury i stężenia obliczono wg równania:

$$q_t = \frac{c_0 - c_t}{m} \times V \quad (3)$$

gdzie: c<sub>0</sub> – stężenie początkowe jonów Ni(II) w roztworze [mg/dm<sup>3</sup>], c<sub>t</sub> – stężenie jonów Ni(II) w roztworze [mg/dm<sup>3</sup>] po czasie sorpcji t [min], m – masa anionitu [g], V – objętość roztworu [dm<sup>3</sup>]. Na podstawie uzyskanych danych wyznaczono parametry kinetyczne procesu sorpcji stosując równanie kinetyczne Ho and McKaya, tj. pseudo drugiego rzędu (PD-rzędu):

$$\frac{t}{q_t} = \frac{t}{q_e} + \frac{1}{k_2 q_e^2} \quad (4)$$

gdzie: k<sub>2</sub> jest stałą szybkości reakcji pseudo drugiego-rzędu (g/mg min). Parametry kinetyczne obliczono jako nachylenie i przecięcie z osią t wykresu t/q<sub>t</sub> vs. t.

Izotermy adsorpcji stosowanych w pracy wymiennicy jonowych Lewatit MonoPlus M 800 i Lewatit MK-51 oznaczono wytrząsając w kolbach o pojemnościach 100 cm<sup>3</sup> odpowiednio 0,2 g jonitu i 20 cm<sup>3</sup> roztworu zawierającego kompleksy Ni(II) z DS. Proces ten prowadzono w zakresie stężeń 1 × 10<sup>-3</sup>-6 × 10<sup>-3</sup> M przy stałej wartości pH w czasie 2 h. Po etapie wytrząsania odsączono przesącz i oznaczono zawartość jonów Ni(II) w przesączu (q<sub>e</sub>), analogicznie, jak miało to miejsce przy badaniach kinetyki sorpcji. Na podstawie przeprowadzonych badań wyznaczono równania izoterm adsorpcji przy wykorzystaniu modelu Langmuira.

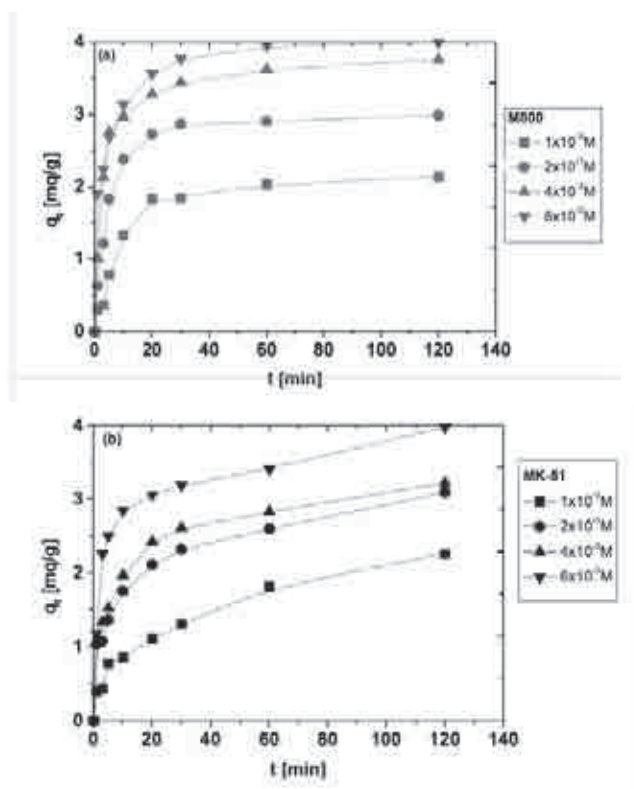
Badania nad wpływem pH na efektywność procesu sorpcji przeprowadzono w zakresie 4-12.

Zdjęcia powierzchni anionitu Lewatit MonoPlus M 800 przed i po procesie sorpcji jonów Ni(II) w obecności DS zostały wykonane za pomocą mikroskopu skaningowego Ultra plus (Carl Zeiss STM

GmbH, Germany). Automatyczne pomiary wielkości i kształtu ziaren 3D wykonano za pomocą analizatora optyczno elektronicznego analizatora AWK 3D (KAMIKA Instruments). Do analizy kształtu ziaren wykorzystano klasyfikację Zingga, która jest powszechnie znana i stosowana w badaniach oraz może być z powodzeniem wykorzystywana w praktyce.

### Omówienie wyników badań

Na podstawie badań przeprowadzonych metodą statyczną obliczono ilość zabsorbowanych jonów Ni(II) w obecności DS na jonitach Lewatit MonoPlus M 800 i Lewatit MK-51. Określono także wpływ czasu kontaktu faz, pH i stężenia roztworu wyjściowego na efektywność procesu sorpcji. Badania wykazały, iż ze wzrostem czasu kontaktu faz następuje wzrost efektywności sorpcji (Rys. 2 a-b).



Rys. 2a-b. Wpływ czasu kontaktu faz i stężenia na efektywność procesu sorpcji kompleksów Ni(II) z DS na jonitach Lewatit MonoPlus M 800 i Lewatit MK-51.

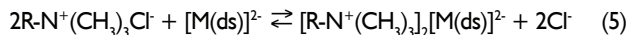
W początkowym etapie trwania procesu (1-5 min) stwierdzono, że nieco wyższe wartości q<sub>t</sub> uzyskano dla jonitu Lewatit MK-51 w porównaniu z anionitem Lewatit MonoPlus M 800. Potwierdzają to także wyniki uzyskane za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM). Na podstawie zarejestrowanych zdjęć przed i po procesie sorpcji zauważono, że powierzchnia jonitów charakteryzuje się znacznie mniejszą szorstkością. Chropowatość powierzchni zwana również szorstkością jest jednym z elementów, które w jednoznaczny sposób mogą wskazywać na mechanizm procesu sorpcji. Zmniejszenie chropowatości powierzchni może być pomocne przy ustalaniu mechanizmu procesu sorpcji. Szybkie zmniejszenie tego parametru wskazuje np. na tworzenie wiązań koordynacyjnych pomiędzy grupami funkcyjnymi sorbentu, a usuwaniem jonem na powierzchni sorbentu. Jedną z metod pozwalającą zmierzyć wartości chropowatości powierzchni, a przez to wyznaczyć takie parametry, jak maksymalna i minimalna wartość nierówności oraz średnie arytmetyczne odchylenie profilu danego sorbentu jest wykorzystanie mikroskopii sił atomowych lub skaningowego mikroskopu elektronowego.

Dla anionitu Lewatit MonoPlus M 800 spadek tej wielkości wynosi ok. 6%, zaś dla Lewatit MK-51 ok. 10%. Przykładowe zdjęcia anionitu Lewatit M 800 przedstawiono na Rysunku 3 a-b.

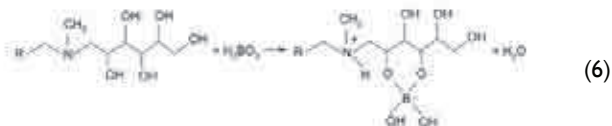


Rys. 3 a-b. Zdjęcia SEM jonitu Lewatit MonoPlus M 800 - powiększenia  $\times 400$  przed sorpcją (a),  $\times 20.000$  po sorpcji (b).

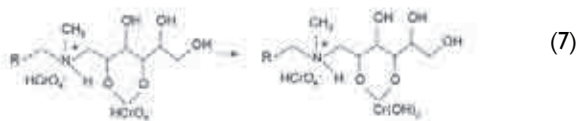
Przy wyższych wartościach czasu kontaktu faz kinetyka procesu sorpcji jest jednak korzystniejsza dla jonitu Lewatit MonoPlus M 800. Dla tego jonitu stan równowagi ustala się przy czasie kontaktu faz wynoszącym ok. 60 min., a proces sorpcji przebiega zgodnie z mechanizmem anionowymyennym:



Natomiast dla jonitu o grupach N-metylo(poli)hydroksoheksylo aminowych, zwanych też metyloglutaminowymi (Lewatit MK-51), stan równowagi ustala się w ciągu 240 min. Jonity chelatujące zawierające tego typu grupy funkcyjne, takie jak Amberlite IRA 743, Duolite ES 371, Diaion CRB 02, Dowex BSR 1, czy Purolite S 108, wykazują wysoką selektywność w stosunku do boru (w formie kwasu trioksoborowego  $H_3BO_3$ ) [8]. Proces sorpcji boru przebiega zgodnie ze schematem:



podczas gdy sorpcja jonów chromianowych(VI) zachodzi zarówno w wyniku elektrostatycznego oddziaływania ze sprotonowaną grupą aminową, jak również redukcją Cr(VI) do Cr(III).

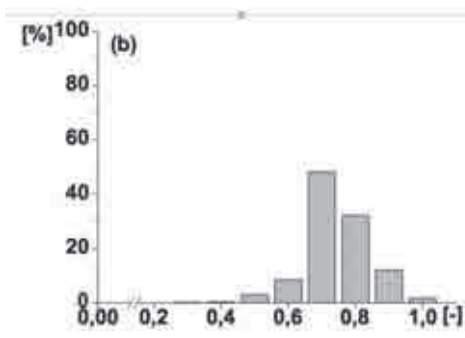
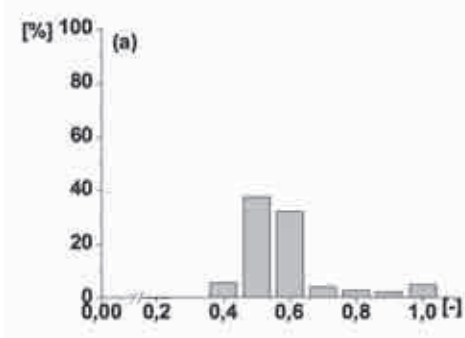


Natomiast w przypadku sorpcji anionowych kompleksów Ni(II) z DS typu  $[Ni(ds)]^{2-}$ , proces sorpcji będzie zachodził także zgodnie z mechanizmem anionowymyennym dla niskich wartości pH, zaś dla wyższych wartości pH, rozpad w/w kompleksów i kompleksowanie jonów Ni(II) w fazie jonitu:



Należy zaznaczyć, że efektywność procesu sorpcji rośnie wraz ze wzrostem stężenia jonów Ni(II) w roztworze.

Ważnym parametrem wpływającym m.in. kinetykę procesu sorpcji jest wielkość i kształt ziaren stosowanego jonitu. Dłatego na podstawie metody skanowania spadającego ziarna, zgodnie z klasyfikacją Zingga, wyróżniono dwa podstawowe kształty ziaren stosowanych anionitów – dyski i kule. Wykazano, że dla badanych jonitów rozkład rozmiaru ziaren na kształt krzywej Gausa. Jonity te posiadają większą ilość ziaren o kształcie dysków. Jak wynika z Rysunku 4 a-b, idealnie kuliste ziarna występują w bardzo niewielkim procencie. Przykładowo, procentowa zawartość frakcji ziarnowej dla  $c/b=0,6$  (gdzie  $b$  to szerokość, a  $c$  to wysokość ziarna) dla anionitu Lewatit MonoPlus M 800 wynosi 32%. Natomiast dla jonitu Lewatit MK-51  $c/b=0,7$  wynosi 48%.



Rys. 4 a-b. Rozkład kształtu ziaren jonitów (a) Lewatit MonoPlus M 800 i (b) Lewatit MK-51 w oparciu o klasyfikację Zingga.

Kolejnym czynnikiem wpływającym na efektywność procesu sorpcji jest wartość pH. Stwierdzono, że maksymalny procent usunięcia kompleksów Ni(II)-DS = 1:1 uzyskuje się dla tych jonitów przy wartości pH > 7,0. Wzrost temperatury wpływa nieznacznie na zmniejszenie efektywności sorpcji na wszystkich jonitach.

W ostatnim etapie na podstawie liniowej zależności izotermi Langmuira:

$$\frac{c_e}{q_e} = \frac{1}{q_m b} + \frac{c_e}{q_m} \quad (10)$$

gdzie:  $q_e$  – masa zaabsorbowanych jonów Ni(II) [mg/g],  $c_e$  – stężenie jonów Ni(II) w stanie równowagi [mg/dm<sup>3</sup>] wyznaczono maksymalne pojemności sorpcyjne ( $q_m$ ) i stałą Langmuira ( $b$ ) względem kompleksów Ni(II)-DS = 1:1, wynoszące odpowiednio dla jonitów: Lewatit MonoPlus M 800 ( $q_m = 4,45$  mg/g,  $b = 0,221$  dm<sup>3</sup>/mg) i Lewatit MK-51 ( $q_m = 6,15$  mg/g,  $b = 0,128$  dm<sup>3</sup>/mg).

Warto zaznaczyć, że skutecznym czynnikiem regenerującym badane aniony okazał się 1 M roztwór HCl.

## Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono że:

- ilość zabsorbowanych jonów Ni(II) w obecności DS zależy od rodzaju grup funkcyjnych badanych jonitów
- opierając się na modelu Langmuira, wyższe wartości maksymalnych pojemności sorpcyjnych uzyskano dla jonitu Lewatit MK-5I, w porównaniu do anionitu Lewatit MonoPlus M 800
- ilość zabsorbowanych jonów Ni(II), zarówno na jonicie Lewatit MK-5I jak i Lewatit MonoPlus M 800, rośnie wraz ze wzrostem stężenia początkowego roztworu
- na efektywność procesu sorpcji wpływa pH oraz czas kontaktu faz
- kinetykę sorpcji dobrze opisuje równanie pseudo drugiego rzędu, co potwierdza ocena statystyczna.

## Literatura

1. Mendes F.D., Martins A.H.: *Selective sorption of nickel and cobalt from sulphate solutions using chelating resins*, Int. J. Min. Process. 2004, **74**, 359-372.
2. Trochimczuk A.W., Streat M.: *Novel chelating resins with aminothiophosphonate ligands*, React. Funct. Polym., 1999, **40**, 205-213.
3. Biesuz, R., Pesavento M., Gonzalo A., Valiente M.: *Sorption of proton and heavy metal ions on a macroporous chelating resin with an iminodiacetate active group as a function of temperature*, Talanta 1998, **47**, 127-136.
4. Nagib S., Inoue K., Yamaguchi T., Tamaru T.: *Recovery of Ni from a large excess of Al generated from spent hydrodesulfurization catalyst using picolylamine type chelating resin and complexane types of chemically modified chitosan*, Hydrometallurgy 1999, **51**, 73-85.
5. Kononova O.N., Kholmogorov A.G., Kachin S.V., Mytykh O.V., Kononov Y.S., Kalyakina O.P., Pashkov G.L.: *Ion exchange recovery of nickel from manganese nitrate solutions*, Hydrometallurgy 2000, **54**, 107-115.
6. Malkoc E., Nuhoglu Y.: *Investigations of nickel(II) removal from aqueous solutions using tea factory waste*, J. Hazard. Mater. 2005, **127**, 120-128.
7. Wu Y.T., Grant Ch.: *Effect of chelation chemistry of sodium polyaspartate on the dissolution of calcite*, Langmuir 2002, **18**, 6813-6820.
8. Littlejohn F., Grant Ch.S., Wong Y.L., Sáez E.: *Effect of poly(aspartic acid) on the removal rates of brushite deposits from stainless steel tubing in turbulent flow*, Ind. Eng. Chem. Res. 2002, **41**, 4576-4584.
9. Alexandratos S.D.: *Ion exchange resins. A retrospective from Industrial and Engineering Chemistry Research*, Ind. Eng. Chem. Res. 2009, **48**, 388-398.

Mgr Marzena GĘCA jest absolwentką Wydziału Chemii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Obecnie pracuje w Zakładzie Chemii Nieorganicznej na Wydziale Chemii UMCS. Zainteresowania naukowe: chromatografia jonowymienna pierwiastków d- i f- elektronowych, metody sorpcji związków nieorganicznych oraz ochrona środowiska.  
e-mail: marzenageca@gmail.com

Prof. dr hab. Zbigniew HUBICKI Wydział Chemiczny Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie ukończył w 1969 r. Zainteresowania naukowe: hydrometalurgia, chemia i technologia pierwiastków rzadkich, metody separacji związków nieorganicznych i organicznych oraz ochrona środowiska. Jest autorem kilku rozdziałów w monografiach, ponad 200 artykułów naukowych oraz wielu referatów i posterów prezentowanych na konferencjach krajowych i zagranicznych.

## KE proponuje opóźnienie aukcji pozwoleń na emisję CO<sub>2</sub>

Komisja Europejska zaproponowała opóźnienie aukcji 900 mln pozwoleń na emisję CO<sub>2</sub>. Ma to zaradzić nadwyżce i w efekcie niskiej cenie pozwoleń na unijnym rynku handlu emisjami (ETS). KE zapowiada dalsze środki, możliwe jest usunięcie części pozwoleń z rynku.

Z propozycji KE ucieszyły się organizacje Zielonych, ostro skrytykowali je polscy europosłowie.

„Nasz rynek CO<sub>2</sub> redukuje emisje, ale ze względu na nadwyżkę na rynku, ETS nie jest wystarczająco silnym motorem efektywności energetycznej i zielonych technologii. To złe dla europejskich innowacji i konkurencyjności, dlatego podejmujemy natychmiastowy krok i proponujemy opóźnienie aukcji 900 mln pozwoleń w ciągu następnych trzech lat” – napisała w środowym oświadczeniu komisarz UE ds. klimatu Connie Hedegaard. „Jednocześnie Komisja prezentuje opcje możliwych strukturalnych środków, które zapewnią rozwiązanie problemu nadwyżki w dłuższej perspektywie” – dodała.

Jedną z sześciu opcji długoterminowych rozwiązań jest trwałe usunięcie z rynku części pozwoleń na emisję CO<sub>2</sub>. Inne pomysły KE to podniesienie celu redukcji emisji CO<sub>2</sub> z obecnych 20 do 30 proc. do 2020 r. w porównaniu do roku 1990; zwiększenie rocznej stopy redukcji pozwoleń na emisję; włączenie do ETS nowych sektorów gospodarki (ETS-em nie jest teraz objęty np. transport morski i rolnictwo); ograniczenie lub zakazanie po 2020 r. używania na unijnym rynku tzw. międzynarodowych kredytów na emisję CO<sub>2</sub>. Ostatnią opcją jest ustanowienie mechanizmu cenowego np. rezerwy, w której zdeponowane byłyby pozwolenia w razie nadmiernego spadku cen.

By zaradzić niskiej cenie pozwoleń na emisję CO<sub>2</sub>, KE pod koniec lipca zaproponowała tzw. backloading, czyli opóźnienie sprzedaży części pozwoleń. Chodzi o zmniejszenie ich liczby na rynku w latach 2013-2015, by o tyle samo zwiększyć ją w kolejnych latach do 2020 r. KE skierowała wówczas do konsultacji trzy opcje: zmniejszenie liczby pozwoleń w latach 2013-2015 o 1,2 mld sztuk, 900 mln lub 400 mln w stosunku do 3,5 mld pozwoleń obecnie; jedno pozwolenie oznacza zgodę na emisję jednej tony CO<sub>2</sub>.

13 grudnia propozycję KE opóźnienia aukcji 900 mln pozwoleń ma głosować komitet ds. zmian klimatycznych złożony z ekspertów z krajów UE, któremu przewodniczy KE. Do zatwierdzenia propozycji KE wystarczy poparcie większości członków tego komitetu. Po głosowaniu, KE ma czekać z wykonaniem decyzji na zatwierdzenie przez Parlament Europejski i Radę UE (rządy) zmiany do dyrektywy o ETS. Zmiana ta upoważnia KE do „dostosowywania” harmonogramu aukcji, gdy uzna to za stosowne z punktu widzenia funkcjonowania ETS. Zmianę tę ma 19 lutego głosować komisja PE ds. środowiska, a cały PE może ją głosować najwcześniej w marcu.

(wybrała em)

([http://chemia.wnp.pl/ke-proponuje-opoznienie-aukcji-pozwoleń-na-emisje-co2,183543\\_1\\_0\\_0.html](http://chemia.wnp.pl/ke-proponuje-opoznienie-aukcji-pozwoleń-na-emisje-co2,183543_1_0_0.html))