

dr Dariusz DMOCHOWSKI
Katedra Analiz i Prognoz Bezpieczeństwa
Zakład Monitorowania Bezpieczeństwa, SGSP
dr Anna DMOCHOWSKA
Katedra Działań Ratowniczych
Zakład Ratownictwa Chemicznego i Ekologicznego, SGSP

OCENA ZAGROŻEŃ ZWIĄZANYCH Z EMISJĄ METALI CIĘŻKICH Z TRAS KOMUNIKACYJNYCH W ASPEKCIE BEZPIECZEŃSTWA EKOLOGICZNEGO NA TERENACH O WYSOKIM STOPNIU ZURBANIZOWANIA

W artykule przedstawiono czynniki wywołujące zanieczyszczenie środowiska wodno-glebowego w rejonach o silnej urbanizacji na przykładzie aglomeracji warszawskiej. Kumulacja metali ciężkich w środowisku wodno-glebowym, której główną przyczyną jest emisja z tras komunikacyjnych powoduje wiele nieprzewidywalnych i niebezpiecznych zjawisk zachodzących w środowisku naturalnym. Zanieczyszczone metalami ciężkimi osady denne jezior i cieków wodnych oraz gleby miejskie stają się potencjalnym źródłem wtórnego, niekontrolowanego zanieczyszczenia wszystkich elementów środowiska naturalnego, stanowiąc poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa ekologicznego.

Factors responsible for pollution of water and soil environment, in the regions of high urbanization, have been presented on the example of Warsaw agglomeration. It has been shown that accumulation of heavy metals in water

and soil environment can lead to hazardous and highly unpredictable phenomena occurring in metropolitan area. River and lake sediments as well as soils in urban area become a potential source of secondary, uncontrolled pollution of all elements of natural environment, bringing about serious hazard of ecological safety.

1. Wprowadzenie

Jednym z największych problemów towarzyszących intensywnie rozwijającej się cywilizacji jest zanieczyszczenie środowiska naturalnego człowieka związane z urbanizacją obszarów wielkomiejskich.

Zanieczyszczenie ekosystemów na tego typu terenach jest konsekwencją wysokiego w XX i XXI wieku rozwoju gospodarczej działalności człowieka. Postępujący, szybki wzrost liczby mieszkańców miast spowodował znaczne zwiększenie ilości emitowanych zanieczyszczeń: pyłowych, gazowych, ścieków oraz odpadów komunalnych.

Głównymi źródłami zanieczyszczenia środowiska wodno-glebowego metalami ciężkimi są: zrzuty nieoczyszczonych bądź oczyszczonych w niewystarczającym stopniu ścieków komunalnych i przemysłowych, spływy powierzchniowe, emisja ze szlaków komunikacyjnych o dużym natężeniu ruchu, a także suche depozyty i opady atmosferyczne bogate w pyły pochodzenia motoryzacyjnego i przemysłowego [7].

Charakterystyczny dla aglomeracji wielkomiejskich rozwój demograficzny wywołuje poważne, najczęściej niekontrolowane i nieodwracalne zmiany w środowisku naturalnym, w którym żyje człowiek.

Wymienione czynniki wywołujące zanieczyszczenie środowiska wodno-glebowego działają w różnym czasie i natężeniu. Oporność wód naturalnych i gleb na degradację zależy od ich właściwości fizycznych, chemicznych oraz fauny i flory, która je zasiedla [2].

Wśród wielu rodzajów działalności człowieka, przyczyniających się do degradacji środowiska naturalnego człowieka, istotne miejsce zajmuje szeroko pojęty transport. Ta ważna dziedzina gospodarki rozwija się najszybciej na całym świecie i jest często źródłem poważnych konfliktów, oprócz pożądaných, efektów ekonomicznych wywołuje bowiem wiele negatywnych skutków.

Podczas spalania jednego litra oleju napędowego do atmosfery dostają się 34 miligramy metali ciężkich (Ag, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sr, Ti, V, Zn). Zanieczyszczenia te częściowo bezpośrednio trafiają do dróg oddechowych ludzi i zwierząt oraz są kumulowane w środowisku wód naturalnych i glebie [3]. W przeciwieństwie do obszarów otwartych, na terenach o gęstej zabudowie spadek stężenia niebezpiecznych składników spalin, w tym metali ciężkich w miarę oddalania się od liniowego emitora, jest bardzo powolny. Toksyczne produkty spalania benzyny i oleju napędowego na tych obszarach nie mogą się szybko i swobodnie przemieszczać. Skutkiem tego jest utrzymywanie się, szczególnie w godzinach szczytów komunikacyjnych, wysokich stężeń metali ciężkich w miejskim powietrzu atmosferycznym [4].

Pyły i aerozole powstające przy spalaniu benzyny, zawierające metale ciężkie są stabilne przez okres około tygodnia. Następnie ulegają różnego rodzaju transformacjom, które najczęściej prowadzą do powstawania nieorganicznych form, stosunkowo mniej mobilnych w środowisku naturalnym.

Skład chemiczny materiałów eksploatacyjnych, znajdujących się w samochodach ma również kluczowy wpływ na zanieczyszczenie środowiska wodno-glebowego przy trasach komunikacyjnych. Procesy ścierania tarcz hamulcowych, opon, a także erozja nawierzchni dróg są obecnie głównym źródłem: cynku, miedzi, niklu, manganu, chromu i kadmu.

Należy nadmienić, że wraz ze spalaniem paliw płynnych – benzyny, oleju napędowego i LPG, do atmosfery dostają się także oprócz metali ciężkich znaczne ilości toksycznych i kancerogennych mikrozanieczyszczeń organicznych. Do najbardziej niebezpiecznych należą: węglowodory alifatyczne i aromatyczne, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, dioksyny, furany, związki chlorowcopochodne oraz aldehydy i ketony [5].

Zagrożenia ze strony metali ciężkich emitowanych przez pojazdy samochodowe zależą od: natężenia ruchu, oddalenia od drogi, ukształtowania terenu oraz sposobu jego użytkowania. Emisja metali ciężkich z tras komunikacyjnych powoduje ich kumulację we wszystkich elementach środowiska przyrodniczego. Zjawisko kumulacji metali ciężkich z jednej strony przyczynia się do ich eliminacji z powietrza atmosferycznego i toni wodnej zbiorników wód powierzchniowych, z drugiej zaś jest przyczyną silnego skażenia gleb i osadów dennych. Powoduje to wiele nieprzewidywalnych i niebezpiecznych zjawisk zachodzących w środowisku naturalnym [8].

Migracja metali ciężkich nagromadzonych przez dziesięciolecia w środowisku wodno-glebowym jest zazwyczaj ograniczona na skutek wielu złożonych procesów fizyczno-chemicznych i biologicznych. Jednakże długotrwała emisja do środowiska powoduje, że mechanizmy detoksykacji ulegają przeciążeniu, przez co następuje wtórne uruchamianie zaadsorbowanych metali ciężkich do fazy wodnej, gdzie mogą być dalej przenoszone na duże odległości. Dodatkowo zmienne warunki klimatyczne oraz hydrogeologiczne, takie jak: silne wiatry, długotrwałe ulewy czy powodzie mogą także spowodować niekontrolowane wtórne zanieczyszczenie wszystkich elementów środowiska naturalnego metalami ciężkimi, stanowiąc poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa ekologicznego.

Pojęcie bezpieczeństwa ekologicznego zostało wprowadzone stosunkowo niedawno i trudno znaleźć jednoznaczną jego definicję w polskim ustawodawstwie. W piśmiennictwie zagranicznym istnieje wiele, funkcjonujących równolegle definicji tego pojęcia, jak: „ecological safety” i „ecological security”. Szeroko stosowana jest definicja, opracowana w ramach prac Konwencji ds. transgranicznych skutków awarii przemysłowych ONZ, która brzmi:

„Bezpieczeństwo ekologiczne to takie kształtowanie stosunków naturalnych i społecznych w biosferze Ziemi, które tworzą właściwe warunki życia dla całej ludzkości, nie podważając zarazem podstaw życia na naszej planecie. Stanowi ono przeciwieństwo lokalnej i globalnej katastrofy ekologicznej, wyrażając porządek i ład panujący w środowisku, w którym żyje również człowiek”.

W literaturze przedmiotu funkcjonują także inne, niezależne definicje:

- „Bezpieczeństwo ekologiczne oznacza taki stan stosunków społecznych, w tym treści, form i sposobów organizacji stosunków międzynarodowych, który nie tylko ogranicza i eliminuje zagrożenia ekologiczne, lecz także promuje pozytywne działania, umożliwiając realizację wartości istotnych dla istnienia i rozwoju narodów i państw”.
- „Zapewnienie bezpieczeństwa ekologicznego rozumiane jest głównie jako zapobieganie zjawiskom mającym nagły charakter. Na skutek katastrofy przemysłowej czy kłęski żywiołowej może powstać nagłe „nadzwyczajne zagrożenie «życia i zdrowia ludzi lub środowiska przyrodniczego»” [14].

Poszczególne elementy środowiska przyrodniczego na terenach silnie zurbanizowanych są ze sobą ściśle powiązane oraz wzajemnie uzależnione. Ulegają one także ciągłym przemianom.

Aby poznać mechanizmy transportu i transformacji metali ciężkich w środowisku wodno-glebowym, należy zastosować nowoczesne techniki analityczne i metody oceny stanu środowiska naturalnego. Oznaczenia całkowitych stężeń i przede wszystkim form metali ciężkich są obecnie coraz częściej wykorzystywane w ekotoksykologicznych ocenach środowiska. Procedury identyfikujące formy występowania metali ciężkich w wodach powierzchniowych, osadach dennych i glebach pozwalają na oszacowanie poziomu bezpieczeństwa ekologicznego [8].

Obecnie badania monitoringowe nadal oparte są na oznaczaniu tylko ogólnych stężeń metali ciężkich w osadach dennych i glebach. Do chwili obecnej nie zostały w Polsce ustalone jednolite i znormalizowane procedury, pozwalające na badanie mechanizmów przemian metali ciężkich w środowisku. Standardowo stosowanym obecnie postępowaniem służącym do oceny zanieczyszczenia metalami ciężkimi osadów dennych i gleb jest porównywanie otrzymanych danych pomiarowych z wartościami reprezentującymi poziom przedindustrialny i z wartościami stężeń metali zamieszczonymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. nr 165, poz. 1359).

Występowanie różnych fizycznych i chemicznych form metali ciężkich w określonym badanym materiale nazywa się specjacją, a ich identyfikacja i ilościowe oznaczenie jest przedmiotem badań specjacyjnych [13]. Termin *specjacja* jest także stosowany do nazywania różnego rodzaju analiz, począwszy od oznaczania dobrze zdefiniowanych form metali ciężkich aż do operacyjnie zdefiniowanych form pierwiastków (odnoszących się do procedur ekstrakcji), które nazywane są „biodostępnymi”, „mobilnymi” czy „labilnymi” [12].

Różnorodność eluentów i procedur ekstrakcyjnych jest tak duża, iż analityczne rozwiązanie problemów związanych z zagrożeniami ekologicznymi i bezpieczeństwem ekologicznym pomiędzy różnymi krajami jest bardzo trudne.

Program Pomiarów i Testowania (MTP) przy Komisji Unii Europejskiej zapoczątkował projekt mający na celu usprawnienie i zatwierdzenie zharmonizowanych metod analitycznych do oznaczeń ekologicznych, dostarczenie norm i materiałów odniesienia w celu kontrolowania tych metod oraz przygotowanie próbek o certyfikowanej zawartości ekstrahowanych metali ciężkich w glebie [1].

MPT przyjął wspólne procedury ekstrakcji metali ciężkich z gleb mineralnych przy zastosowaniu jednego odczynnika oraz ekstrakcji sekwencyjnej dla osadów.

W wyniku tego do wymywania metali ciężkich za pomocą jednego eluentu zatwierdzono następujące odczynniki: 0,43 M kwas octowy i 0,005 M EDTA.

2. Obiekty i metodyka badań

Obiektami badań prowadzonych w latach 2002–2008, były osady dennie: Jeziorka Goćławskiego i Kanału Goćławskiego – małych zbiorników wód powierzchniowych, położonych na terenie Pragi-Południe w prawobrzeżnej części Warszawy, na odcinku od Trasy Łazienkowskiej do Parku Skaryszewskiego. Wytypowano stanowiska pomiarowe, różniące się stopniem narażenia na emisję metali ciężkich z badanych tras komunikacyjnych i zabudową przestrzenną. Wyznaczono trzy stanowiska badawcze: stanowisko nr 1 – Park Skaryszewski – jako punkt kontrolny w odległości 450 m od ul. Waszyngtona, stanowisko nr 2 – Trasa Łazienkowska przy wiadukcie na wysokości Przyczółka Grochowskiego oraz stanowisko nr 3 przy ul. Waszyngtona w pobliżu skrzyżowania z ul. Międzynarodową.

Wyboru metali ciężkich, do przeprowadzenia badań, dokonano na podstawie archiwalnych badań własnych oraz danych literaturowych. Organiczne sole ołowiu były przez ostatnie dziesięciolecia dodawane do benzyn w stężeniach od 450 do 150 mg/l, natomiast cynk i nikiel jest nadal obecny w olejach napędowych, w stężeniach rzędu kilku miligramów na litr. Związki cynku i niklu emitowane są do środowiska naturalnego także na skutek ścierania się opon samochodowych, powierzchni asfaltu i tarcz hamulcowych [9, 11].

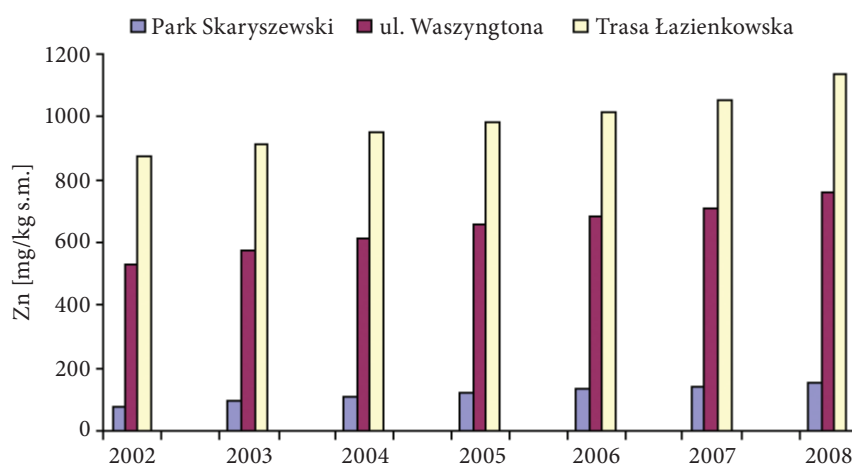
Osady gromadzące się na dnie małych zbiorników wód powierzchniowych, położonych na terenach silnie zurbanizowanych, odgrywają niezwykle istotną rolę w funkcjonowaniu lokalnych ekosystemów wodnych oraz w krążeniu pierwiastków we wszystkich elementach środowiska naturalnego.

W celu określenia stopnia kumulacji metali ciężkich w osadach dennych w funkcji czasu, badaniom poddano ich wierzchnią warstwę (0–5 cm). Oznaczeń ogólnych stężeń cynku, ołowiu i niklu dokonano po mineralizacji mokrej za pomocą spektrometrii absorpcji atomowej.

Specjacja metali ciężkich w osadach dennych została przeprowadzona zgodnie z sekwencyjnym schematem ekstrakcyjnym Tessiera, który pozwala na wyodrębnienie pięciu frakcji metali ciężkich: jonowymiennej, węglanowej, związanej z tlenkami żelaza i manganu, organicznej i pozostałościowej [6, 10].

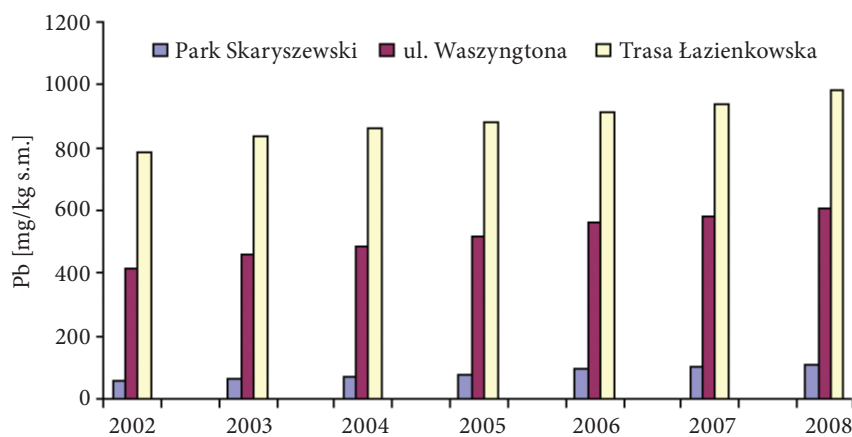
3. Wyniki badań

Wyniki badań całkowitych stężeń metali ciężkich w osadach dennych, otrzymanych w latach 2002–2008 przedstawiono na rysunkach 1–3. Specjację ołowiu na stanowisku usytuowanym przy Trasie Łazienkowskiej przedstawiono na rys. 4.



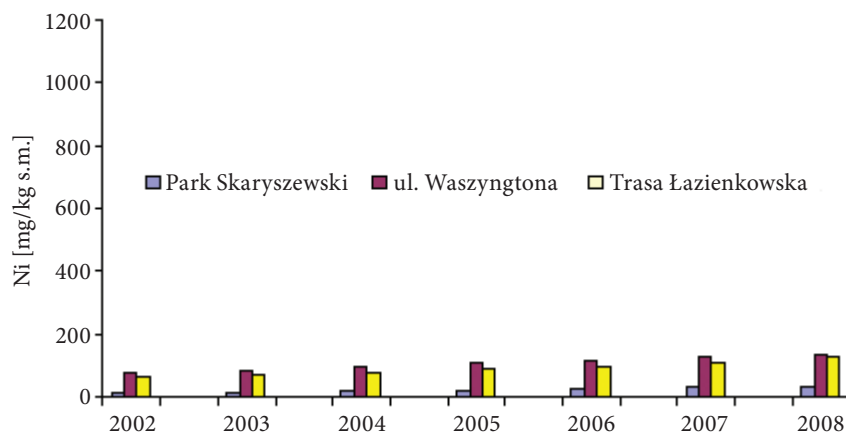
Rys. 1. Stężenie cynku w osadach dennych w funkcji czasu

Źródło: opracowanie własne



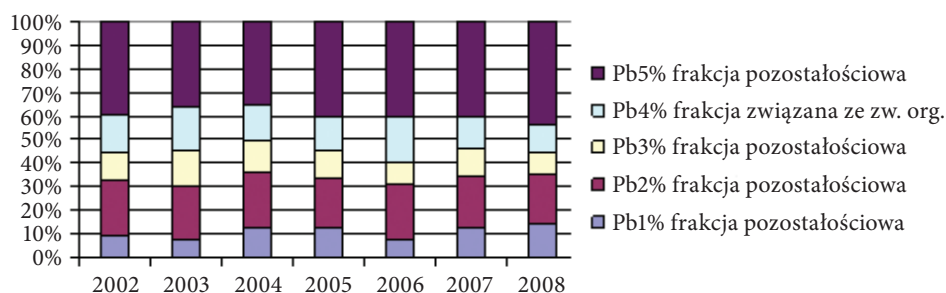
Rys. 2. Stężenie ołowiu w osadach dennych w funkcji czasu

Źródło: opracowanie własne



Rys. 3. Stężenie niklu w osadach dennych w funkcji czasu

Źródło: opracowanie własne



Rys. 4. Specjacja ołowiu w osadach dennych w funkcji czasu

Źródło: opracowanie własne

4. Podsumowanie

Dokonując analizy stężeń badanych metali w osadach dennych w przedziale czasowym 2002–2008, stwierdzono systematyczny wzrost ich akumulacji. Jej skala i rozkład zależne są od lokalizacji stanowiska i ekspozycji na emisję z tras komunikacyjnych.

Na odcinkach badanych wód powierzchniowych bezpośrednio przylegających do tras komunikacyjnych zaobserwowano proporcjonalny wzrost stężeń wszystkich metali ciężkich w osadach dennych. Podobnie osady denne okazały

się najbardziej zanieczyszczone cynkiem i ołowiem na stanowisku pomiarowym pod Trasą Łazienkowską. Maksymalne stężenia tych metali osiągnęły wartości: dla cynku – 1135,0 mg/kg s.m. i ołowiu – 985,4 mg/kg. s. m. Stężenie niklu było natomiast najwyższe na stanowisku pomiarowym przy ul. Waszyngtona i wynosiło 139,2 mg/kg s. m.

W punkcie kontrolnym usytuowanym w Parku Skaryszewskim uzyskano stężenia zbliżone do tła dla miasta stołecznego Warszawy. Zaobserwowano jednocześnie stałą tendencją wzrostową stężenia metali w tym punkcie pomiarowym. Na podstawie analizy wyników badań uzyskanych w przedziale czasowym 2002–2008, stężenia metali można uszeregować w następującej kolejności: Zn > Pb > Ni.

Analiza specjacyjna przeprowadzona na przykładzie ołowiu wykazała, że sumaryczny udział frakcji jonowymiennych oraz węglanowych maksymalnie dochodził do 30% w stosunku do całkowitej zawartości tego pierwiastka. Czynnikiem znacznie zwiększającym ryzyko wystąpienia wtórnego, odłożonego w czasie skażenia toni wodnej metalami ciężkimi, zdeponowanymi w dwóch pierwszych, niestabilnych termodynamicznie frakcjach, jest duża zmienność składu fizyczno-chemicznego wód Kanałku Gocławskiego [15].

5. Wnioski

1. Wysoki stopień urbanizacji obszaru zlewni Kanałku Gocławskiego oraz duże narażenie tego cieków wodnych na antropogeniczne oddziaływanie gęstej sieci tras komunikacyjnych spowodowały, że w bezpośrednim ich sąsiedztwie stwierdzono znaczne zanieczyszczenie osadów dennych cynkiem, ołowiem i niklem.
2. Elementem środowiska wodnego, w którym metale ciężkie deponowane są w największych stężeniach są osady denne. Średnia wartość współczynnika kumulacji cynku, ołowiu i niklu kształtuje się na poziomie 10^6 .
3. Zjawisko akumulacji metali ciężkich stwarza wysokie zagrożenie dla bezpieczeństwa ekologicznego. Zanieczyszczone osady denne i gleby są potencjalnym źródłem wtórnego zanieczyszczenia ekosystemów wodnych na skutek wielu procesów fizykochemicznych i biologicznych. Migracja metali ciężkich w środowisku wodno-glebowym głównie zależy od ich formy występowania.

Z tego powodu do oceny zagrożeń spowodowanych głównie wtórną desorpcją cynku, ołowiu oraz niklu z osadów dennych do fazy wodnej zastosowano sekwencyjny schemat specjacyjny Tessiera.

4. Przy trasach komunikacyjnych metale ciężkie są deponowane w osadach dennych w znacznym stopniu w niestabilnych frakcjach zdefiniowanych przez Tessiera, to jest jonowymiennej i węglanowej.
5. Specjacja metali ciężkich w osadach dennych wykazała, że na odcinkach Kanałku Gocławskiego, pozostających pod bezpośrednim wpływem dróg komunikacyjnych, metale ciężkie do 30% całkowitego stężenia ulegają deponowaniu w niestabilnych chemicznie frakcjach osadów.
6. Skumulowane w labilnych frakcjach osadów dennych metale ciężkie mogą nawet po długim czasie depozycji ulec ponownemu wprowadzeniu do toni wodnej, wtórnie skażając ekosystem wodny. Czynnikiem znacznie zwiększającym ryzyko wystąpienia takiego zjawiska jest duża zmienność warunków fizyczno-chemicznych, występujących w płytkich wodach Kanałku Gocławskiego.
7. Niepokojąca jest tendencja wzrostu zanieczyszczenia metalami ciężkimi ekosystemów wodnych, położonych na terenach wielkomiejskich. Mimo drastycznego ograniczenia emisji ołowiu poprzez wprowadzenie benzyny bezołowiowej (maksymalne stężenie związków ołowiu wynosi 5 mg/l), stężenie tego pierwiastka systematycznie wzrasta w osadach dennych badanych zbiorników wodnych bezpośrednio sąsiadujących z trasami komunikacyjnymi. Uwagę zwraca również wysokie stężenie cynku, którego głównym źródłem jest proces ścierania się opon samochodowych.
8. Technika specjacji metali ciężkich okazała się dogodnym narzędziem, umożliwiającym ocenę możliwości wystąpienia realnych zagrożeń ekologicznych. Specjacja jest obecnie jedną z najskuteczniejszych metod umożliwiających przewidywanie warunków, w jakich może nastąpić wtórne zanieczyszczenie ekosystemów wodnych, niekorzystnie wpływające na bezpieczeństwo ekologiczne.

PIŚMIENICTWO

1. K. Dziadek, W. Waclawek: Metale w środowisku. Cz. I. Metale ciężkie (Zn, Cu, Ni, Pb, Cd) w środowisku glebowym. *Chemia Dydaktyka Ekologia Metrologia* 2005, nr 1–2, s. 10.

2. D. Hjortenkrans, B. Bergback, A. Haggerud: New metal emission patterns in road traffic environment. *Environmental Science and Technology* 2006, nr 117, s. 85.
3. Y. Wang, K. Huang, T. Li, Mi H., Luo H., Tai J: Emissions of fuel metals content from a diesel vehicle engine. *Atmospheric Environment* 2006, nr 37, s. 4637.
4. E.K. Yetimoglu, O. Ercan, K. Tosyalil: Heavy metal contamination in street dusts of Istanbul (Pendik to Levent) E-5 highway. *Ann Chim.* 2007, nr 97 (3–4), s. 227–235.
5. N. Zheng, J. Liu, Q. Wang, Z. Liang: Population health risk due to dietary intake of heavy metals in the industrial area of Hualuado city, China. *Science of the Total Environment* 2010, nr 408.
6. V. Ettler, M. Matura, M. Mikajlevic, P. Bezdicka: Metal speciation and attenuation in stream waters and sediments contaminated by landfill leachate. *Environ. Geol.* 2006, nr 49, s. 610–619.
7. K. Adachi, Y. Tainosho: Characterization of heavy metal particles embedded in tire dust. *Environment International* 2004, nr 30, s. 1009.
8. L. Xinwel, W. Lijan, L. Kai, H. Jing, Z. Yuxiang: Contamination assesment of copper, lead, zinc, manganese and nikel in street dust of Baoji, NW China. *Journal of Hazardous Materials* 2009, nr 161, s. 1058.
9. D. Turer: Heavy metal contamination in soils of Urban highways: Comparison between runoff and soil concentrations at Cincinnati, Ohio. *Water, Air and Soil Pollution* 2001, nr 132, s. 3–4.
10. A. Tessier, PGC Cambell: Heavy metal speciation in bottom sediments. *Hydrobiologia* 1987, nr 149, s. 43.
11. A. Magdaleno, A. Puig: Water pollution in an urban argentine river. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 2001, nr 167, s. 408–415.
12. M. Bäckström: Speciation of heavy metals in road runoff and roadside total deposition. *Water, Air, and Soil Pollution* 2003, nr 147, s. 238–251.
13. D. Wiechuła, J. Kwapuliński, K. Loska: Zastosowanie specjacji w badaniach biodostępności cynku w osadach dennych zbiornika „Dziewkowice”. *Zeszyty Naukowe Komitetu „Człowiek i Środowisko” PAN* 2003.
14. R. Grosset: System Zarządzania Kryzysowego. Materiały XI Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej Inżynierii Wojskowej. Tom I. Warszawa–Rynia 2000.

15. D. Dmochowski: Analiza możliwości zastosowania specjacji metali ciężkich do oceny zanieczyszczenia wód powierzchniowych na terenach zurbanizowanych. Rozprawa doktorska. Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Warszawa 1995.

S U M M A R Y

dr Dariusz DMOCHOWSKI

dr Anna DMOCHOWSKA

EVALUATION OF HAZARD AS CONSEQUENCE OF EMISSION OF HEAVY METALS FROM COMMUNICATIONS SOURCES IN THE ASPECTS OF ECOLOGICAL SAFETY OF THE AREAS OF HIGH URBANIZATION

The area of Warsaw is situated in the central Poland and due to this is mainly exposed to heavy vehicle transport. Bottom sediments contaminations by heavy metals are serious and still rise threat for the ecosystem where we live. It has been shown that accumulation of heavy metals in water and soil environment can lead to hazardous and highly unpredictable phenomena occurring in metropolitan area. The determination and especially speciation of the heavy metals in the contaminated sediments of surface water, bottom sediments and urban soils may be used in the ecotoxicological study. The results of serious hazard of ecological safety may be applied for the evaluation of quality urban environment.