

Beata KŁOJZY-KARCZMARCZYK*, Janusz MAZUREK**

Zanieczyszczenie gleby związkami rtęci w zasięgu oddziaływania konwencjonalnej elektrowni na paliwo węglowe

STRESZCZENIE. Rtęć związana w środowisku glebowym pochodzi w znacznym stopniu z przemysłowych ognisk zanieczyszczeń, wśród których dominują procesy spalania różnego rodzaju paliw konwencjonalnych. W pracy przedstawiono wyniki badań zanieczyszczenia rtęcią gleb w otoczeniu konwencjonalnej elektrowni na paliwo węglowe. Opróbowano tereny położone wokół jednej z najstarszych polskich elektrowni „Siersza”. Elektrownia ta przez wiele lat wykorzystywała niskogatunkowe zasiarczone węgle z pobliskiej kopalni „Siersza”. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że podwyższony poziom rtęci występuje w próbkach pobieranych na kierunkach zgodnych z lokalnymi kierunkami wiatrów, w strefach oddalonych od emitora co najmniej 2–3 km. Bezpośrednio w pobliżu emitorów elektrowni zanieczyszczenie rtęcią było niewielkie. Poziom ogólnego zanieczyszczenia rtęcią badanych gruntów nie przekracza wartości dopuszczalnych. Wykonane badania udowodniły że zanieczyszczenie rtęcią wokół elektrowni węglowej jakkolwiek jest wyraźnie widoczne, to jednak nie obserwuje się przekroczenia wartości dopuszczalnych zawartości rtęci w glebach. Wyniki badań nie potwierdzają więc niektórych sugestii literaturowych o znacznym zanieczyszczeniu rtęcią w wyniku emisji spalin z elektrowni opalanych węglem kamiennym.

SŁOWA KLUCZOWE: elektrownie węglowe, emisja zanieczyszczeń, opad pyłu, środowisko gruntowe, zanieczyszczenie rtęcią

* Dr inż., ** Mgr inż. — Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Pracownia Badań Środowiskowych i Gospodarki Odpadami, Kraków.
e-mail: beatakk@min-pan.krakow.pl, jan@min-pan.krakow.pl

Recenzent: dr inż. Tadeusz OLKUSKI

Wprowadzenie

Występowanie rtęci w środowisku, a w szczególności w przypowierzchniowych warstwach gleby, związane jest zarówno z naturalną obecnością tego pierwiastka w litosferze i atmosferze, jak i z działalnością gospodarczą człowieka. Rozwój przemysłu i związane z tym emisje zanieczyszczeń do atmosfery są przyczyną poważnych zmian w naturalnym rozplywie strumienia rtęci w środowisku przyrodniczym [1, 3, 4, 6]. Widocznym efektem zwiększonego zanieczyszczenia gleby rtęcią są lokalne podwyższone zawartości tego pierwiastka w glebach na terenach uprzemysłowionych i w ich sąsiedztwie, szczególnie tam, gdzie znajdują się liczne źródła emisji rtęci, takie jak: zakłady wydobywczo-przeróbcze węgla i rud metali, instalacje spalania węgla (w tym elektrownie o dużej mocy), zakłady przeróbcze ropy naftowej oraz inne sektory przemysłu wykorzystujące związki rtęci. Zawartość rtęci w tych rejonach często przewyższa poziom lokalnego tła geochemicznego i charakteryzuje się dużą nierównomiernością jej przestrzennego rozmieszczenia. Związane jest to z lokalizacją źródeł oraz ze zmiennymi warunkami rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w atmosferze. Rtęć zasorbowana w środowisku glebowym może w sprzyjających warunkach przejść wraz z wodami opadowymi wsiąkającymi w glebę, do wód powierzchniowych i podziemnych, i stanowić tym samym wtórne ognisko zanieczyszczenia [2, 9]. Zagrożenie to zależy w dużej mierze od parametrów fizykochemicznych roztworów wodnych krążących w środowisku gruntowym. W sprzyjających warunkach może zachodzić uwalnianie metali z kompleksów glebowych i w konsekwencji migracja do wód podziemnych.

Przedmiotem badań prezentowanych przez autorów pracy jest rozpoznanie stopnia zanieczyszczenia rtęcią przypowierzchniowej warstwy gleby w otoczeniu konwencjonalnej elektrowni węglowej. Z dotychczasowych badań, m.in. [1, 6, 7, 8] wynika, że praktycznie wszystkie gatunki węgla kamiennego zawierają rtęć w ilościach wyższych niż jej średnia zawartość w skorupie ziemskiej. Zawartość rtęci w węglach przeważnie nie jest wysoka i wynosi najczęściej 0,01 do 0,15 mg/kg, ale nierzadkie są przypadki, że przekracza nawet 1,6 mg/kg. Rtęć jest metalem o wyjątkowo dużej lotności, co sprawia, że w wyniku spalania węgla zostaje ona w znacznej części (od 90 do 99% Hg) uwolniona i wraz z pyłami i spalinami wyemitowana do atmosfery [8]. W minionych okresach, kiedy nie stosowano instalacji odsiarczania i odpylania spalin, praktycznie cała rtęć zawarta w węglach emitowana była do atmosfery. Rtęć w atmosferze może utrzymywać się długo i być transportowana na znaczne odległości, ale w pewnych warunkach (np. w czasie opadów, przy słabym przewietrzaniu) może opadać z pyłem już w niedużej odległości od emitora. Z symulacji komputerowych, wykonanych przez autorów na potrzeby innych opracowań za pomocą pakietu oprogramowania Operat 2000, wynika, że nawet w przypadku wysokich emitatorów przekraczających 50 metrów, możliwy jest opad zanieczyszczeń pyłowych na powierzchnię terenu już w odległości 800–1200 m od emitora. Pomimo względnie niewielkiej zawartości rtęci w węglu, zanieczyszczenie środowiska gruntowego w pobliżu elektrowni może być widoczne i znacznie przekraczać poziom lokalnego tła geochemicz-

nego. Wynika to z ilości węgla zużywanego w procesie produkcji energii elektrycznej oraz z faktu, że do niedawna większość elektrowni nie posiadała nowoczesnych systemów odsiarczania i odpylania spalin. Naturalna średnia zawartość rtęci w glebach niezanieczyszczonych kształtuje się w granicach od 0,01 do 0,03 mg/kg, m.in. [1, 3, 4]. Właściwości kumulacyjne rtęci powodują, że jej nagromadzenie w glebach wzrasta z czasem, ponieważ procesy ługowania rtęci z kompleksów glebowych uwalniają do roztworów nie więcej niż 10 do 20% zasorbowanej rtęci [3, 4, 9]).

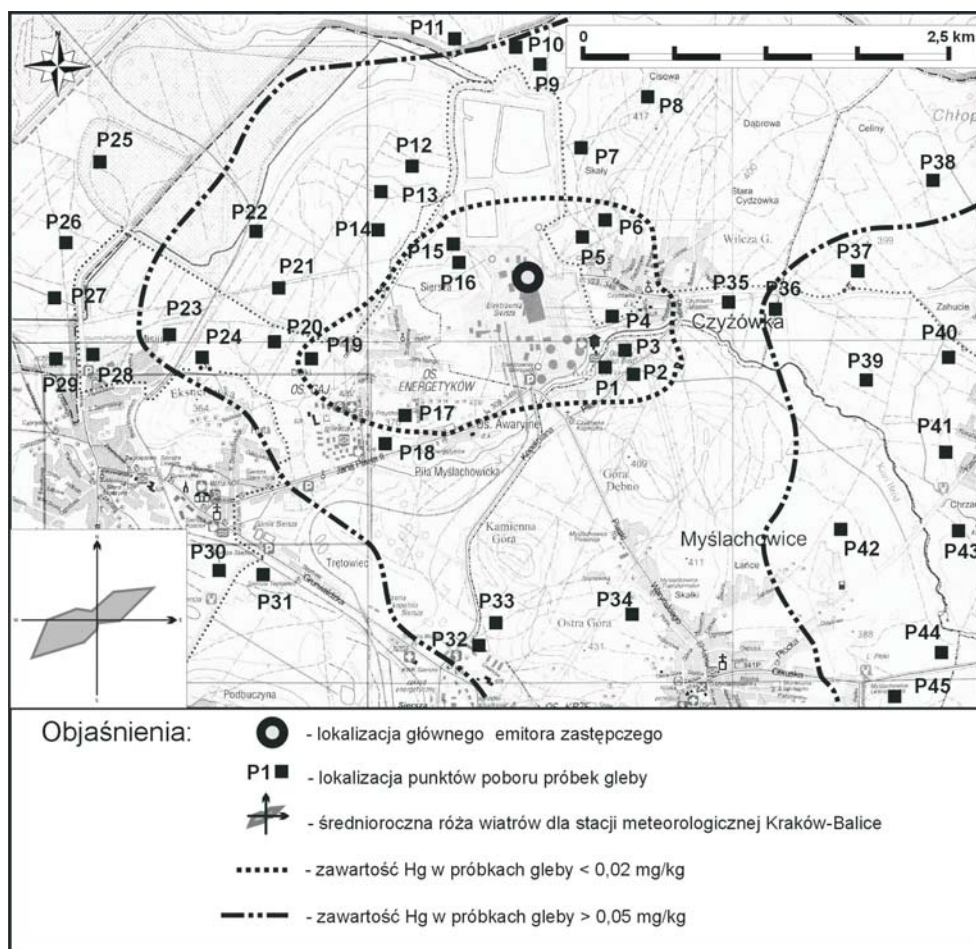
Celem pracy autorów było zbadanie stopnia koncentracji rtęci w glebach na obszarach leśnych w rejonie potencjalnego oddziaływania emisji zanieczyszczeń pyłowo-gazowych z elektrowni spalającej od kilkudziesięciu lat różne gatunki krajowych węgla kamiennych, oraz stwierdzenie, w jakiej odległości od emitora można już obserwować w glebach podwyższony poziom rtęci.

1. Charakterystyka obszaru oraz metodyka badań

Do badań wybrano obszar położony w gminie Trzebinia w rejonie lokalizacji jednej z najstarszych polskich elektrowni węglowych „Siersza”. W elektrowni tej przez długi czas spalany był niskogatunkowy, zasiarczony węgiel z pobliskiej kopalni o tej samej nazwie. Na przestrzeni lat, a szczególnie w ostatnim dziesięcioleciu, następowały zmiany technologiczne prowadzące do obniżenia generalnej emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Obecnie elektrownia „Siersza” posiada nowoczesne systemy odsiarczania i odpylania spalin pozwalające na znaczne ograniczenie ilości emitowanych zanieczyszczeń, w tym rtęci. Jednakże rtęć nagromadzona w glebach w wyniku dotychczasowej działalności pozostanie w nich w formie związanej w kompleksach sorpcyjnych przez wiele lat.

W celu wyeliminowania możliwego wpływu innych źródeł rtęci na wyniki prowadzonych badań, takich jak np. szlaki komunikacyjne [3]), próbki do badań pobierano w miejscach oddalonych o minimum 20 m od dróg, torów kolejowych czy innych elementów infrastruktury technicznej. Próbkę pobierano przeważnie na terenach leśnych lub łąkowych występujących licznie na omawianym obszarze.

Dla określenia zawartości rtęci w badanym rejonie wytypowano szereg miejsc poboru próbek, przyjmując jako punkt centralny obszaru badań umowny emitator zastępczy złożony z poszczególnych emitatorów na terenie elektrowni. Rozmieszczenie punktów opróbowania gleb przedstawiono na rysunku 1. Przy ustalaniu miejsc opróbowania uwzględniono także warunki meteorologiczne. Wykorzystano w tym celu uśrednioną roczną różę wiatrów dla stacji meteorologicznej Kraków–Balice jako najbardziej odpowiednią dla terenu Trzebini. Z analizy róży wiatrów wynika, że na omawianym obszarze najczęściej dochodzi do rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń pyłowo-gazowych w kierunku zachodnim, wschodnim oraz południowo-zachodnim. W związku z powyższym najwięcej próbek pobranych zostało na tych kierunkach. Próbkę gleb (w przeważającej ilości reprezentujących frakcje piaszczyste i pylasto-piaszczyste) pobierano za pomocą przystosowanych do opróbowania



Rys. 1. Lokalizacja miejsc poboru próbek gleby w rejonie elektrowni „Siersza”

Fig. 1. Location of sampling points near “Siersza” power station

piasków próbników rdzeniowych firmy Eijkelkamp. Materiał do analiz pobierano z głębokości od 30 do 50 cm. Próbkę osadów przed poddaniem analizom były poduszane w temperaturze poniżej 60°C.

Dla wszystkich pobranych próbek oznaczono zawartość całkowitą rtęci. Obserwowane w środowisku często niskie stężenia rtęci oraz jej lotność są przyczyną błędów i strat na etapie poboru prób, a następnie analizy. W pracy autorzy wykorzystali metodę będącą modyfikacją klasycznej metody AAS, umożliwiającą pomiar progowych (rzędu nanogramów) ilości rtęci w próbkach stałych i ciekłych różnego pochodzenia. Metoda polega na połączeniu aparatury do mineralizacji z wysokiej czułości spektrometrem, co gwarantuje minimalne straty rtęci w procesie analizy. Do przeprowadzenia badań wykorzystano dedykowany spektrometr absorpcji atomowej AMA 254 firmy Altec [5].

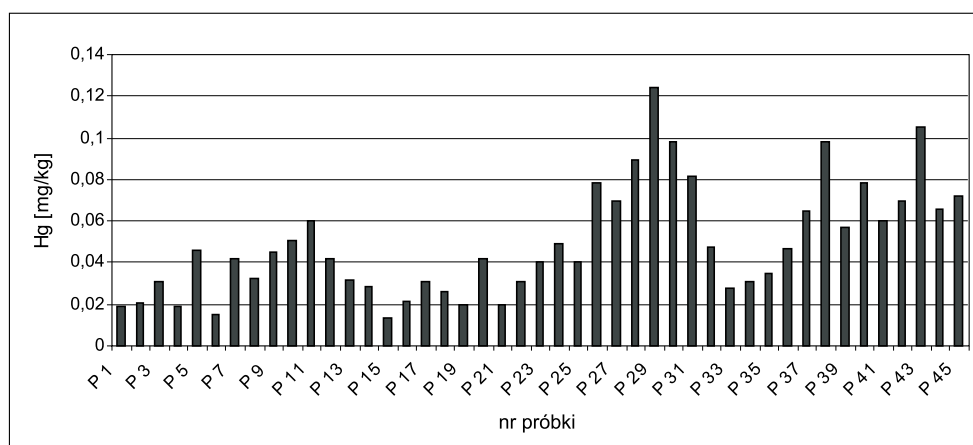
2. Analiza zawartości rtęci w badanych próbkach gleby

Wyniki analiz całkowitej zawartości rtęci w pobranych próbkach gleby w rejonie elektrowni „Siersza” zestawiono w tabeli 1. W tabeli zamieszczono ponadto odległości punktów poboru próbek liczone od zastępczego emitora, oraz kierunki, na których znajdowały się punkty opróbowania w stosunku do położenia emitora zanieczyszczeń. Jest to istotne ze względu na charakter transportu zanieczyszczeń drogą powietrzną w kierunkach określonych różną wiatrów.

Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdza się, że w badanych glebach rtęć występuje w ilościach zmieniających się w szerokim zakresie. Poziom jej zawartości kształtuje się w granicach od około 0,01 mg/kg s.m. do ponad 0,1 mg/kg. s.m. Obserwowane wartości zbliżone są do opisywanych w literaturze wyników z badań zawartości rtęci w glebach na terenie kraju. Średnia zawartość rtęci w badanych próbkach wyniosła około 0,075 mg/kg s.m.

Na rysunku 2 przedstawiono zestawienie oznaczonych zawartości rtęci w pobranych próbkach gleb, natomiast na rysunku 3 zestawiono poszczególne punkty opróbowania jako funkcję ich odległości od emitora zastępczego elektrowni. Porównanie wykresów prowadzi do wniosku, że największe stężenia rtęci notuje się w próbkach pobieranych dopiero w odległości powyżej 2 km od źródła emisji. Odległości te są zbliżone do odległości uzyskanych w wyniku modelowania minimalnego zasięgu strefy opadu pyłu z emitatorów o parametrach technologicznych zbliżonych do emitatora elektrowni.

Największe zawartości rtęci wykryto w próbkach pobieranych w rejonach położonych w pobliżu granic założonego obszaru badań, w odległości ponad 2 km od emitatora elektrowni. Największe zanieczyszczenie rtęcią wystąpiło na kierunkach zbliżonych do W oraz w kierunku SE od emitatora, co jest zbliżone do dominujących kierunków wiatru w rejonie



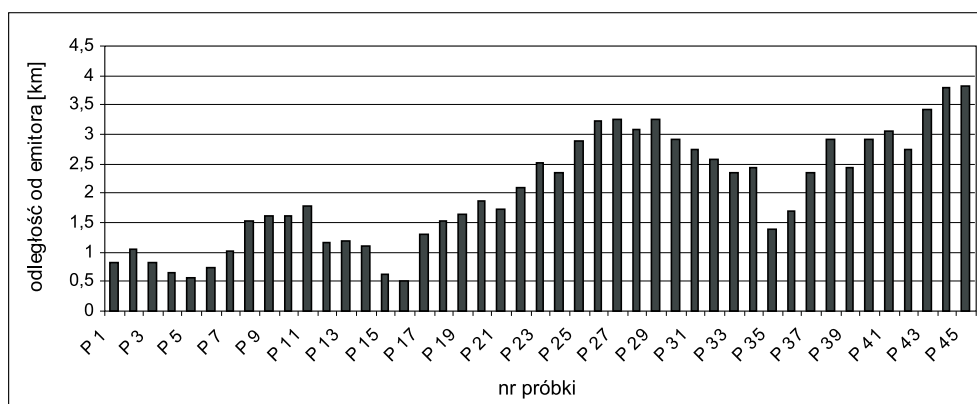
Rys. 2. Zawartość rtęci w próbkach gleby pobranych w pobliżu elektrowni „Siersza”

Fig. 2. Concentration of mercury in soil samples near “Siersza” power station

TABELA 1. Wyniki oznaczeń zawartości całkowitej Hg w próbkach gleby pobranych w pobliżu elektrowni węglowej „Siersza”

TABLE 1. Total Hg concentrations in soil samples from the neighborhood of “Siersza” power station

Nr próbki na mapie	Odległość od emitora zastępczego w linii prostej [km]	Usytuowanie punktu względem emitora	Zawartość całkowita Hg mg/kg s.m.
P 1	0,83	SE	0,01933
P 2	1,04	SE	0,02082
P 3	0,83	SE	0,03065
P 4	0,65	SE	0,01862
P 5	0,57	NE	0,04619
P 6	0,74	NE	0,01512
P 7	1,02	N	0,04227
P 8	1,52	NE	0,03260
P 9	1,61	N	0,04506
P 10	1,62	N	0,05040
P 11	1,78	N	0,06033
P 12	1,17	NW	0,04217
P 13	1,18	NW	0,03160
P 14	1,09	NW	0,02827
P 15	0,61	NW	0,01309
P 16	0,52	NW	0,02172
P 17	1,30	SW	0,03105
P 18	1,52	SW	0,02639
P 19	1,65	W	0,01983
P 20	1,87	W	0,04170
P 21	1,74	NW	0,01950
P 22	2,09	NW	0,03051
P 23	2,52	W	0,04063
P 24	2,35	W	0,04930
P 25	2,90	NW	0,04072
P 26	3,22	W	0,07840
P 27	3,26	W	0,06970
P 28	3,09	W	0,08974
P 29	3,25	W	0,12450
P 30	2,91	SW	0,09844
P 31	2,74	SW	0,08183
P 32	2,57	S	0,04711
P 33	2,35	S	0,02758
P 34	2,43	S	0,03055
P 35	1,39	E	0,03509
P 36	1,70	E	0,04665
P 37	2,35	E	0,06507
P 38	2,91	NE	0,09805
P 39	2,43	E	0,05731
P 40	2,91	E	0,07808
P 41	3,07	SE	0,05980
P 42	2,74	SE	0,06993
P 43	3,43	SE	0,10490
P 44	3,78	SE	0,06589
P 45	3,83	SE	0,07221



Rys. 3. Odległości punktów poboru próbek gleby od środka emitora umownego elektrowni „Siersza”

Fig. 3. Distances between of the sampling points and the centre of “equivalent” emitter of the power station “Siersza”

Trzebinii. Fakt ten pozwala przypuszczać, że badana rtęć pochodzi z emisji zanieczyszczeń pochodzących z procesu spalania węgla w kotłach elektrowni. Stwierdzone zawartości rtęci nie przekraczają jednak dopuszczalnych wartości dla gleby (0,5 mg/kg), określonych w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. Nr 165, poz. 1359). Wyniki badań skłaniają do wniosku że zanieczyszczenie gleb wywołane działalnością elektrowni konwencjonalnych w przypadku rtęci jest widoczne, jednak nie prowadzi do przekroczenia wartości dopuszczalnych dla rtęci w środowisku glebowym, w rejonach oddziaływania emitatorów elektrowni.

Podsumowanie i wnioski

Zanieczyszczenie rtęcią gleb w otoczeniu elektrowni węglowej „Siersza” charakteryzuje się znaczną zmiennością. Najwyższe stężenia rtęci (rzędu 0,12 mg/kg Hg) stwierdzono w obszarach bardziej oddalonych od źródła emisji, na kierunkach zbliżonych do kierunków wiatru określonych na podstawie analizy róży wiatrów. Uzyskane wartości są zbliżone do notowanych np. w centrach komunikacyjnych dużych aglomeracji miejskich. Obszary położone na innych kierunkach oraz obszary znajdujące się najbliżej emitora w tzw. strefach martwych charakteryzują się znacznie niższym poziomem zanieczyszczenia rtęcią (nawet 10-krotnie mniej rtęci niż w strefach bardziej oddalonych). Wyniki badań udowodniły że nawet wysokie emitory mogą być źródłem opadu zanieczyszczeń pyłowych już w strefie położonej w odległości około 2 km od emitora. Należy przypuszczać, że jest to tylko część emitowanej rtęci która z grubszymi frakcjami pyłów, w sprzyjających warunkach, w postaci opadu atmosferycznego dostawała się do gleby.

Zawartości rtęci jakie zostały stwierdzone w badanych próbkach z pewnością nie pochodzą jedynie od emitorów elektrowni, źródłami rtęci wpływającymi na stan lokalnego środowiska glebowego są również emisje z innych odległych zakładów w których spala się duże ilości paliw. Na analizowanym obszarze należy przyjąć – jako tło rtęci – wartości z przedziału pomiędzy 0,02 a 0,04 mg/kg Hg. Wyniki badań prowadzą do wniosku, że zanieczyszczenie gleb wywołane działalnością elektrowni konwencjonalnych w przypadku rtęci jest widoczne, ale nie prowadzi do przekroczenia wartości dopuszczalnych.

Literatura

- [1] KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1993 — Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- [2] KŁOJZY-KARCZMARCZYK B., MAZUREK J., 2005 — Rtęć w strefie aeracji otoczenia drogi krajowej 79 na odcinku Chrzanów–Kraków. XII Sympozjum „Współczesne Problemy Hydrogeologii”. Toruń, tom XII, s. 337–344.
- [3] KŁOJZY-KARCZMARCZYK B., MAZUREK J., 2006 — Obieg rtęci w systemie biologiczno-mechanicznej oczyszczalni ścieków komunalnych. Wyd. IGSMiE PAN, Gospodarka Surowcami Mineralnymi, t. 22, z. spec. 1, s. 139–148.
- [4] KŁOJZY-KARCZMARCZYK B., MAZUREK J., 2007 — Rtęć w osadach dennych rzeki w strefie zasilania poziomu triasowego. XIII Sympozjum „Współczesne Problemy Hydrogeologii”. Kraków–Krynica, tom XIII cz. 3, s. 563–571.
- [5] MAZUREK J., 2001 — Występowanie rtęci w środowisku przyrodniczym oraz sposoby jej oznaczania. Czasopismo Techniczne, Kraków.
- [6] O’NEIL P., 1997 — Chemia środowiska. PWN, Warszawa–Wrocław.
- [7] SZPADT R., 1994 — Zanieczyszczenie środowiska rtęcią i jej związkami. Biblioteka Monitoringu Środowiska PIOŚ, Warszawa.
- [8] BOJAKOWSKA I., SZCZĘŚNIAK H. 1993 — Zagrożenie naturalnego środowiska w Polsce w wyniku spalania węgla. Przegląd Geologiczny nr 4, s. 252–257, Warszawa.
- [9] WITCZAK S., ADAMCZYK A.F., 1995 — Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. Biblioteka Monitoringu Środowiska PIOŚ, Warszawa.

Beata KLOJZY-KARCZMARCZYK, Janusz MAZUREK

Soil contamination by mercury compounds in influence zone of coal-based power station

Abstract

Mercury, bounded in soil, comes in considerable grade from industrial sources, among which the firing processes of different kinds of conventional fuels predominate. The paper presents the results of investigations soils contamination by mercury in surroundings of conventional coal-based power station. The investigation covered the area around the one of the oldest Polish power stations "Siersza". For many years this power station was using poor-quality coals from neighbouring coal mine "Siersza". As a result of research it was found that the increased concentration of mercury appears in soil samples taken from the places laying on directions compatible with local directions of the winds, and at least 2–3 km distant from emitters. In the immediate proximity of the power station's emitters, the mercury pollution was small. General pollution level of examined soils by mercury does not exceed the admissible values. The research proved that around that power station the contamination by mercury was noticeable, however the mercury content in soil exceeding the permissible standards was not observed. The results of investigations do not confirm therefore some literature suggestion about considerable contamination by mercury resulting from flue gas emissions from coal-based power stations.

KEY WORDS: coal-based power stations, emission of pollutants, dust-fall, soil, pollution by mercury