

December 31, 1996

Emisja zanieczyszczeń ze spalania odpadów ściekowych w piecu półkowym

Robert Oleniacz

Marian Mazur

Marek Bogacki



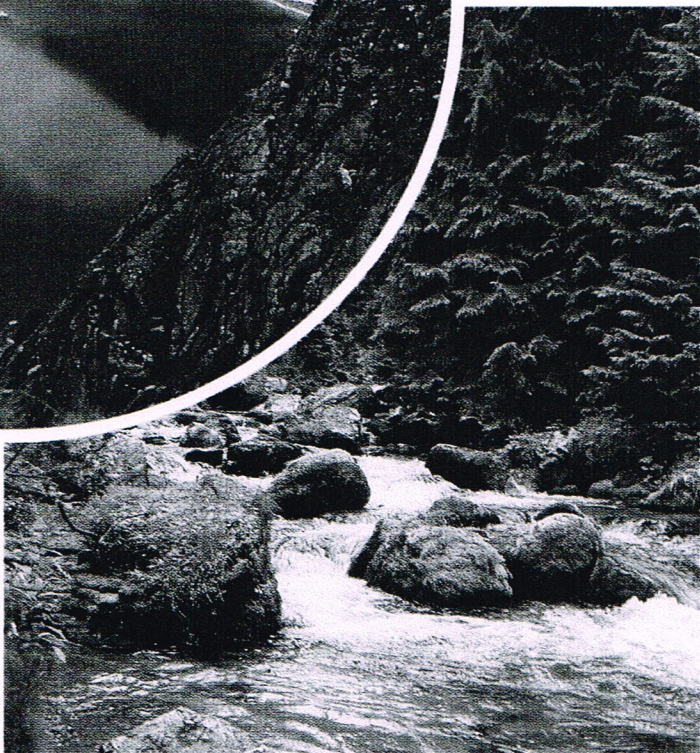
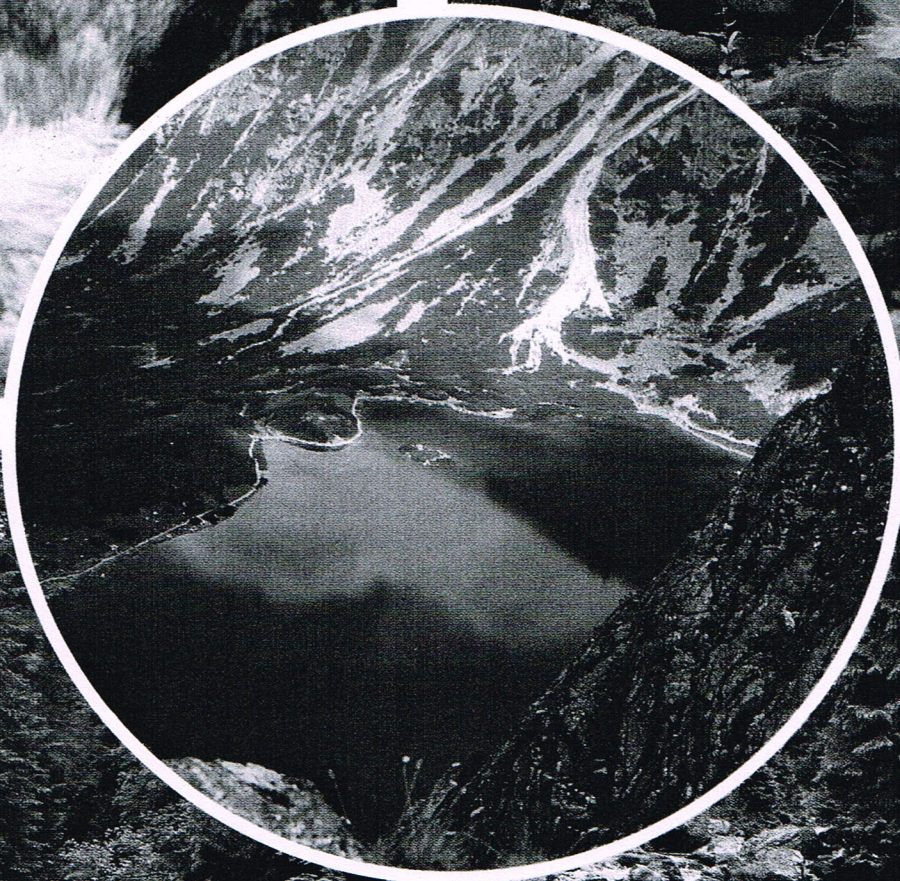
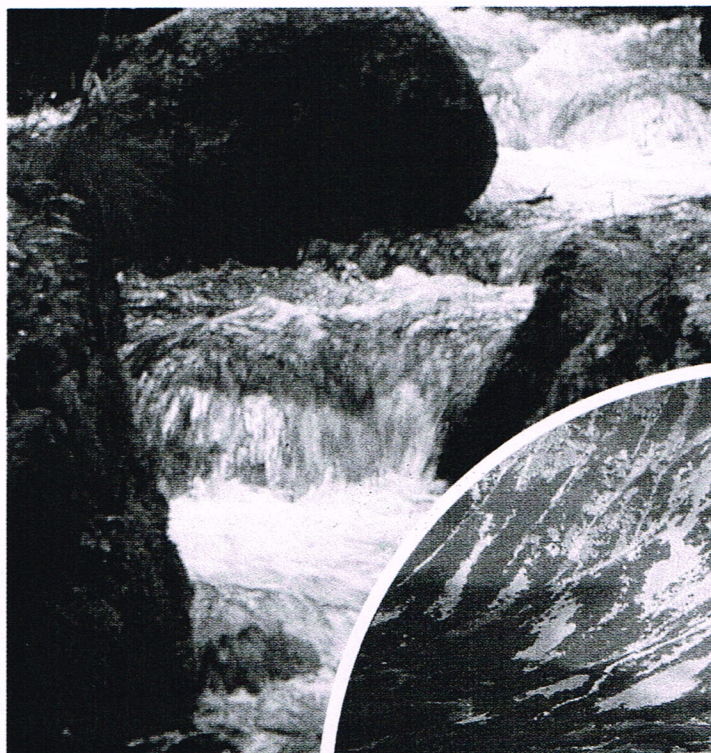
dwumiesięcznik

Ekologia i Technika

ECOLOGY AND TECHNOLOGY

nr 5/6 (23/24)

ROK IV • BYDGOSZCZ 1996 • ISSN 1230-462X



W NUMERZE:

CONTENTS:

Turystyka w polityce ochrony środowiska gmin parków narodowych

TOURISM IN ENVIRONMENTAL POLICY OF COMMUNES WITH NATIONAL PARKS AREAS

(str. 3 - 12)

Biologiczne oczyszczanie powietrza wentylowanego z budynków inwentarskich

BIOLOGICAL PURIFICATION OF AIR WENTILATED FROM LIVESTOCK BUILDINGS

(str. 13 - 16)

Badania chemiczne osadów dennych jezior Wielkopolskiego Parku Narodowego w aspekcie oceny antropopresji

CHEMICAL EXAMINATION OF BOTTOM SEDIMENTS OF THE WIELKOPOLSKI NATIONAL PARK LAKES AND ANTROPOPRESURE IMPACT

(str. 17 - 22)

Biologiczne metody remediacji wód i gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi

BIOLOGICAL METHODS OF IMPROVING THE STATUS OF WATERS AND SOIL POLLUTED WITH HEAVY METALS

(str. 23 - 27)

Emisja zanieczyszczeń ze spalania odpadów przemysłowych w piecu obrotowym

EMISSION FROM INDUSTRIAL WASTE INCINERATION IN THE ROTARY KILN INCINERATOR

(str. 28 - 31)

Emisja zanieczyszczeń ze spalania odpadów farmaceutycznych i poszpitalnych w piecu obrotowym

EMISSION FROM DRUG AND HOSPITAL WASTE INCINERATION IN THE ROTARY KILN INCINERATION

(str. 32 - 35)

Emisja zanieczyszczeń ze spalania odpadów ściekowych w piecu półkowym

EMISSION FROM SEWAGE SLUDGE INCINERATION IN A MULTIPLE HEARTH INCINERATOR

(str. 36 - 39)

Możliwości kompostowania odpadów organicznych

POSSIBILITIES FOR COMPOSTING ORGANIC WASTES

(str. 40 - 42)

Odpady medyczne i metody ich unieszkodliwiania

HOSPITAL WASTE AND METHODS OF THEIR DISPOSAL

(str. 43 - 48)

Przegląd metodyk oznaczania wybranych związków organicznych w gruntach i osadach dennych

METHODS FOR THE DETERMINATION OF THE SELECTED ORGANIC COMPOUNDS IN SOILS AND SEDIMENTS - A REVIEW

(str. 49 - 55)

**Z powodów finansowych i organizacyjnych
jesteśmy zmuszeni zawiesić bezterminowo
wydawanie naszego czasopisma.
Redakcja**

Emisja zanieczyszczeń ze spalania odpadów ściekowych w piecu półkowym

Robert Oleniacz, Marian Mazur, Marek Bogacki

1. WSTĘP

Osady ściekowe, powstające w znacznych ilościach w oczyszczalniach ścieków komunalnych i przemysłowych, stanowią produkty odpadowe i często zaliczane są do odpadów szczególnie niebezpiecznych, zwłaszcza gdy zawierają wysokie ładunki metali ciężkich.

Osady pochodzące z miejskich oczyszczalni ścieków po procesie fermentacji i odwodnienia są najczęściej deponowane na składowiskach lądowych lub w morzu (po odpowiednim zestaleniu) albo wykorzystywane przyrodniczo w rolnictwie i leśnictwie do nawożenia pól, użyźniania terenów leśnych czy też do rekultywacji nieużytków lub składowisk odpadów (1, 2, 3, 4, 5, 6). Wykorzystanie przyrodnicze wymaga odpowiedniego przygotowania osadów (pełna stabilizacja biologiczna i odkażenie, zagęszczanie, kompostowanie – np. wspólnie z odpadami komunalnymi itp.), a do użyźniania gleb mogą być stosowane jedynie osady o niskiej zawartości metali ciężkich i innych substancji toksycznych oraz prawie całkowicie pozbawione patogenów (7, 8, 9, 10, 11). Pomocne są tu metody biotechnologiczne łącznie z bioremediacją, umożliwiającą m. in. selektywną eliminację zanieczyszczeń z odpadów bądź przetworzenie ich w mniej toksyczne formy (12, 13).

Alternatywą dla składowania i wykorzystania przyrodniczego osadów ściekowych jest ich utylizacja termiczna, najczęściej w połączeniu z odzyskiem wytworzonej energii cieplnej. W ostatnich latach prowadzi się również badania nad innymi metodami utylizacji tych odpadów, m.in. nad możliwością utleniania ich na mokro w reaktorach głębinowych (14).

Osady powstające w oczyszczalniach ścieków przemysłowych, zawierające duże ilości toksycznych substancji, nie nadają się do przyrodniczego wykorzystania. Są one z reguły składowane lub spalane.

Termiczna destrukcja osadów ściekowych, pochodzących zarówno z oczyszczalni ścieków komunalnych, jak i przemysłowych, jest w wielu krajach jedną z bardziej istotnych metod ich utylizacji. Przykładowo w USA spala się ok. 20-25% wytworzonych osadów, w Austrii i Danii ok. 30%, a w Japonii ok. 55% (15, 16, 17). Osady ściekowe najczęściej spalane są w piecach półkowych, fluidalnych i obrotowych (16, 17, 18, 19, 20). Mogą być one również poddawane pirolizie w celu uzyskania paliwa ciekłego lub półproduktów chemicznych (21). Żadna z wymienionych metod utylizacji osadów ściekowych nie jest pozbawiona pewnych wad i ograniczeń. Są to m.in.: albo zbyt wysoki koszt (składowanie, spalanie), albo możliwość zanieczyszczenia gleb, wód podziemnych lub mórz (składowanie i wykorzystanie przyrodnicze), albo emisja zanieczyszczeń do atmosfery (spalanie i częściowo składowanie).

Poniżej przedstawiono wyniki badań koncentracji wybranych zanieczyszczeń w gazach odlotowych ze spalania specyficznych osadów ściekowych (pochodzących z przemysłu koksowniczego) w działającym w skali przemysłowej piecu półkowym.

Tabela 1

Charakterystyka pieca półkowego

Parametr	Jednostka	Wielkość
Wydajność	Mg/h	1.9
Wysokość	m	15
Średnica	m	4.5
Moc palników:		
- w strefie gorącego dmuchu	MW	2.5
- w strefie dopalania	MW	0.7
Paliwo zasilające	-	gaz koksowniczy
Maksymalna temp. spalania	°C	800-900

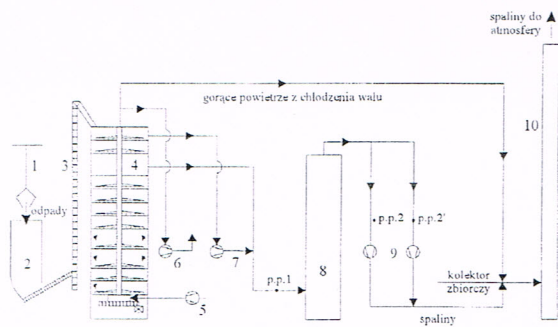
2. METODYKA BADAŃ

2.1. Charakterystyka instalacji pieca półkowego

Pomiary emisji zanieczyszczeń z procesu spalania osadów ściekowych w piecu półkowym prowadzone były na terenie funkcjonującej spalarni odpadów „Lobbe” w Dąbrowie Górniczej (22, 23). Zlokalizowany na jej terenie piec półkowy służy głównie do utylizacji osadów ściekowych pochodzących z oczyszczalni ścieków Zakładów Koksowniczych „Przyjaźń” oraz rud darniowych. Krótka charakterystyka omawianego pieca półkowego przedstawiona została w tabeli 1.

Piec ten, będący pionowym walcem obracającym się wokół własnej osi, podzielony jest na dziesięć oddzielnych sekcji umieszczonych jedna nad drugą (rys. 1). Zasyp odpadów odbywa się od góry za pomocą transportera zgrzeblowego. Spalany materiał przesuwany jest zgrzeblami przymocowanymi do wału na coraz to niższe półki. Dwie górne półki służą do suszenia odpadów w temperaturze ok. 100°C. W ten sposób w piecu półkowym mogą być spalane odpady o stosunkowo dużej wilgotności, a więc m.in. osady ściekowe. Po osuszeniu odpady spadają do komory spalania złożonej z 8 półek. Dolne półki służą do zgromadzenia i usunięcia popiołu z pieca. Cały proces suszenia i spalania pojedynczej porcji odpadów trwa wiele godzin. Piec wyposażony jest w 6 palników zasilanych gazem koksowniczym o średniej wartości opałowej ok. 16500-17500 kJ/m³ oraz w wentylatory powietrza technologicznego i cyrkulacji wewnętrznej gazów procesowych.

Spaliny z pieca półkowego wędrują do płuczki pianowo-absorpcyjnej poprzez dwie dysze schładzające je do temperatury ok. 100°C. Płuczka ta pełni rolę mokrego urządzenia odpylającego oraz absorbenta zanieczyszczeń kwaśnych. Składa się ona z dwóch części (pianowej i absorpcyjnej) wyposażonych w oddzielne obiegi wodne. Część pianowa (dolna) zasilana jest świeżą wodą przemysłową, cieczą cyrkulacyjną z osadników popiołu oraz odciekami nadmiarowymi z górnej części płuczki. Strumień cieczy rozprowadzany jest na górny



Rys. 1. Schemat instalacji pieca półkowego oraz traktu spalinowego.
1 - suwnica, 2 - zasyp i przenośnik zgrzeblowy, 3 - przenośnik kulbelkowy, 4 - piec półkowy, 5 - wentylator powietrza do chłodzenia wału, 6 - wentylator powietrza gorącego, 7 - wentylator odgazów, 8 - płuczka pianowo-absorpcyjna, 9 - wentylatory wyciągowe, 10 - komin, p.p. - punkty pomiarowe

ruszt strefy pianowej poprzez zraszacz w kształcie pierścienia. Spadająca ciecz, będąca w przeciwprądzie ze spalinami, powoduje powstawanie piany sprzyjającej zatrzymywaniu zanieczyszczeń (głównie pyłowych). Część absorpcyjna (górna) złożona z kolumny wypełnionej pierścieniami Białeckiego o średnicy 35 mm, zasilana jest cyrkulującą cieczą (obieg częściowo zamknięty), stale uzupełnianą 10% roztworem NaOH w zależności od poziomu pH. Ciecz obiegowa tłoczona jest na górny zraszacz płuczki i równomiernie rozprowadzana na wypełnienie. Następuje tutaj dalsze usuwanie zanieczyszczeń pyłowych oraz absorpcja zanieczyszczeń (głównie kwaśnych). Gazy odlotowe, oczyszczone i ochłodzone do temperatury ok. 40°C, odprowadzane są do kolektora zbiorczego, a następnie do powietrza poprzez komin o wysokości 45 m i średnicy 1,25 m.

2.2 Charakterystyka osadów ściekowych

Badaniami objęto osady ściekowe pochodzące z oczyszczalni ścieków Zakładów Koksowniczych „Przyjaźń” w Dąbrowie Górniczej. W oczyszczalni tej oczyszczane są metodą mechaniczną, chemiczną oraz biologiczną m.in. ścieki fenolowe i poamoniakalne zawierające wysokie ładunki wielu toksycznych substancji. Powstałe osady mulisto-smołowe, będące pozostałością po procesie oczyszczania ścieków, zaliczane są zatem do odpadów szczególnie niebezpiecznych.

Przed spalaniem w piecu półkowym osady ściekowe muszą zostać wstępnie odwodnione i zagęszczone. Odbywa się to w zagęszczaczach osadów oraz na stacji wirówek, aż do uzyskania uwodnienia w granicach 75-85%. Po odwodnieniu osady składowane są w wydzielonym basenie na terenie hali magazynu odpadów stałych. Ogólną charakterystykę właściwości omawianych osadów ściekowych przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Charakterystyka osadów ściekowych spalanych w piecu półkowym

Parametr	Jednostka	Średnia	Zakres
Stopień uwodnienia	%	80	75-85
Ciepło spalania	MJ/kg	9	< 12
Zawartość części mineralnych	%	54	47-59
Zawartość części lotnych	%	46	41-53
Zawartość chlorków	%	0.02	0-0.1
Zawartość siarki całkowitej	%	1.7	0.3-2.2

2.3 Zakres pomiarów

W badaniach emisji zanieczyszczeń ze spalania osadów ściekowych uwzględniono substancje charakterystyczne dla tego rodzaju procesu, a więc: pył, dwutlenek siarki (SO₂), tlenki azotu (NO_x), tlenek węgla (CO), chlorowódz (HCl), fluorowódz (HF) oraz wybrane metale ciężkie (Cu, Pb, Ni, Cr, Cd, Hg). Ponadto zmierzono koncentracje fenolu, cyjanowodoru (HCN) i benzo(a)pirenu (B(a)P). Równoległe z pomiarami stężeń zanieczyszczeń określone były podstawowe parametry gazów odlotowych.

Pomiary prowadzone były przez kilkanaście dni przy różnym obciążeniu pieca: od 0,7 do 1,9 Mg/h (średnio 1,5 Mg/h). Wykonywano je w dwóch punktach traktu spalinowego: przed i za płuczką pianowo-absorpcyjną (położenie punktów pomiarowych przedstawiono na rys. 1). W ten sposób na podstawie przeprowadzonych kilku-kilkunastu (w zależności od rodzaju substancji) serii pomiarowych uzyskano wielkość unosu i emisji badanych zanieczyszczeń oraz informacje o skuteczności działania płuczki oczyszczającej spaliny.

3. PRZEDSTAWIENIE I OMÓWIENIE WYNIKÓW

Wyniki pomiarów koncentracji badanych zanieczyszczeń w gazach odlotowych ze spalania rozważanych osadów ściekowych w piecu półkowym przedstawiono w tabeli 3. Zamieszczono w niej wartości średnie i zakres zmierzonych stężeń w obydwu rozpatrywanych punktach pomiarowych w przeliczeniu na zawartość tlenu 11%. Rzeczywista średnia zawartość tlenu w gazach odlotowych była znacznie wyższa

Tabela 3

Koncentracja zanieczyszczeń przed i za płuczką pianowo-absorpcyjną w gazach odlotowych ze spalania osadów ściekowych w piecu półkowym*

Rodzaj zanieczyszczenia	Jednostka	Przed płuczką		Za płuczką	
		śr.	zakres	śr.	zakres
Pył	mg/m ³	1480	354-4600	83	15-175
SO ₂	mg/m ³	36	13-80	11	5-35
NO ₂	mg/m ³	169	13-322	60	5-150
CO	mg/m ³	1333	13-3333	653	6-1875
HCl	mg/m ³	131	24-400	7.5	2.0-15
Fenol	mg/m ³	32.4	11-52	1.53	0.65-2.9
HCN	mg/m ³	44.71	12.8-72.8	0.238	0.118-0.650
HF	mg/m ³	0.402	0.246-0.573	0.171	0.045-0.274
Cu	mg/m ³	17.51	0.49-58.5	1.02	0.08-2.68
Pb	mg/m ³	0.631	0.10-1.76	0.205	0.033-0.500
Ni	mg/m ³	0.300	0.084-0.667	0.058	0.010-0.225
Cr	mg/m ³	8.47	1.21-26.3	0.393	0.045-1.31
Cd	mg/m ³	10.2	2-28	1.75	0.5-4.5
Hg	µg/m ³	41.8	10-77	18.8	2.5-43
B(a)P	µg/m ³	22.9	0.04-66	12.5	0.03-33

* - wyniki odniesiono do warunków termicznych: T = 273 K, p = 101.3 kPa, przy 11% O₂

i wynosiła ok. 16.5% przed płuczką oraz ok. 17.0% za płuczką. Stąd rzeczywiste stężenia zanieczyszczeń w porównaniu ze stężeniami przedstawionymi w tabeli 3 były niższe o ok. 55% w przypadku gazów nie oczyszczonych i ok. 60% w przypadku gazów oczyszczonych.

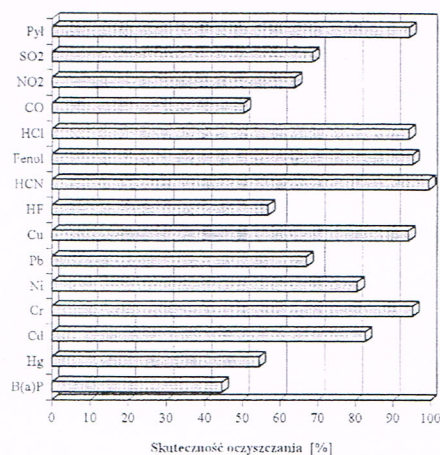
Analizując poziomy stężenie zanieczyszczeń otrzymane w gazach odprowadzanych do atmosfery (w punkcie pomiarowym za płuczką), można stwierdzić, że spalanie rozpatrywanych osadów ściekowych nie powoduje nadmiernej emisji większości mierzonych zanieczyszczeń (z wyjątkiem pyłu, CO, Cu i Cr). Stosunkowo niskie koncentracje zanieczyszczeń, jak na instalację do spalania odpadów (24), wystąpiły w przypadku SO₂, HF, Cd i Hg (kilka-kilkanaście razy poniżej normy). Stężenia NO₂ i HCl utrzymują się również w zakresie dopuszczalnych norm europejskich (24) lub na ich granicy.

Dla takich zanieczyszczeń jak fenol, HCN czy benzo(a)piren nie istnieją wartości normatywne, a zatem ocena poziomu ich koncentracji jest utrudniona. Warto jednak zwrócić uwagę na bardzo wysokie stężenia HCN, zwłaszcza w spalinach nieoczyszczonych (średnio ok. 45 mg/m³, a maksymalnie 73 mg/m³) i tylko dzięki wyjątkowo wysokiej skuteczności oczyszczania spalin z tego zanieczyszczenia (ok. 99.5%) koncentracje HCN w spalinach odprowadzanych do atmosfery nie przekraczają wartości 0.65 mg/m³.

Jak już wspomniano, rozpatrywana instalacja pieca półkowego cechuje się podwyższoną emisją zanieczyszczeń pyłowych (koncentracje pyłu dochodzą do 175 mg/m³), co wynika oczywiście nie tyle ze źle prowadzonego procesu spalania, co ze zbyt niskiej skuteczności odpylania zastosowanej płuczki pianowo-absorpcyjnej, wynoszącej średnio niewiele ponad 94%. Fakt ten przyczynia się również w znacznym stopniu do tego, że w gazach emitowanych do powietrza występują wysokie koncentracje wielu metali ciężkich zawartych w pyłach. Skrajnym przykładem są tutaj stężenia Cu i Cr obserwowane na średnim poziomie odpowiednio 1.0 i 0.4 mg/m³ (maksymalnie 2.7 i 1.3 mg/m³), co wynika także z tego, że koncentracje tych metali w spalinach przed oczyszczeniem są bardzo wysokie, osiągając chwilowo wartości rzędu 59 (Cu) oraz 26 (Cr) mg/m³. Średnie stężenia Pb i Ni wystąpiły natomiast na niezbyt wysokim poziomie w obydwu punktach pomiarowych.

W przeciwieństwie do zanieczyszczeń pyłowych, nadmierna emisja CO (stężenia przed płuczką wynoszą średnio ok. 1330 mg/m³, a za płuczką – ok. 650 mg/m³ przy normie emisji 50 mg/m³) może wynikać z niewłaściwie lub nieoptymalnie pod tym względem prowadzonego procesu spalania osadów i dopalania odgazów oraz ze specyfiki tego procesu i trudności wynikających z utylizacji bardzo wilgotnych odpadów. Skuteczność absorpcji tego zanieczyszczenia w zastosowanym urządzeniu do oczyszczania spalin (średnio ok. 50%) wydaje się być zadowalająca i trudna do podwyższenia.

Na rys. 2 przedstawiono dla porównania średnie skuteczności działania płuczki pianowo-absorpcyjnej, otrzymane dla poszczególnych zanieczyszczeń w czasie prowadzonych badań. O ile takie zanieczyszczenia jak HCl, fenol czy HCN usuwane są z dosyć już wyśrubowaną sprawnością (ponad 94-95%), to istnieje szereg substancji, które wymagają zastosowania urządzeń oczyszczających spaliny o wyższej skuteczności działania. Chodzi tu przede wszystkim o zanieczyszczenia pyłowe. Osiągnięcie wymaganych aktualnie w większości krajów Unii Europejskiej norm emisji pyłu z instalacji do termicznej utylizacji odpadów, wynoszących przeważnie 10-30 mg/m³ (24), jest możliwe do osiągnięcia poprzez zastosowanie urządzeń odpylających o sprawności minimum 99.3-99.8% (elektrofiltr lub filtr tkaninowy). W ten sposób dotrzymywane byłoby również normy emisji dla sumy metali ciężkich, wynoszące w różnych krajach od 0.5 do 1.0 mg/m³.



Rys. 2. Porównanie skuteczności oczyszczania spalin z poszczególnych zanieczyszczeń przez płuczkę pianowo-absorpcyjną.

4. WNIOSKI

1. Jednym ze sposobów utylizacji osadów pochodzących z oczyszczalni ścieków komunalnych lub przemysłowych jest ich destrukcja termiczna, prowadzona najczęściej w piecach półkowych, fluidalnych lub obrotowych. Następstwem tego procesu jest jednak nieunikniona emisja zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego, której wielkość zależy m.in. od skuteczności urządzeń do oczyszczania spalin.

2. Z przeprowadzonych pomiarów koncentracji wybranych zanieczyszczeń w gazach odlotowych ze spalania osadów ściekowych z przemysłu koksowniczego (mulisto-smołowych) w działającym w skali przemysłowej piecu półkowym wynika, że ten sposób utylizacji osadów może być źródłem emisji zanieczyszczeń na poziomie nie przekraczającym wartości normatywnych dla tego typu instalacji. Wymaga to jednak zastosowania wysokosprawnych urządzeń odpylających (ok. 99.8%) oraz absorbujących zanieczyszczenia o charakterze kwasowym ze skutecznością ok. 70-80%, a w przypadku HCl i HCN minimum 95%.

3. Pomimo, że badana instalacja pieca półkowego wyposażona była tylko w jeden stopień oczyszczania spalin (płuczka pianowo-absorpcyjna), emisja większości analizowanych zanieczyszczeń (m. in. SO₂, NO₂, HCl, HF, Cd, Hg) spełniała dopuszczalne normy lub utrzymywała się na ich granicy. Ponadnormatywne stężenia wystąpiły jedynie w przypadku pyłu, sumy metali ciężkich (zwłaszcza Cu i Cr) oraz CO.

LITERATURA

- (1) Mołoniewicz W. (1980): *Analiza systemu kompleksowej gospodarki osadami ściekowymi*. Instytut Kształtowania Środowiska. Warszawa.
- (2) Rybicki S. A. (1982): *Odpady powstające w wodociągach, kanalizacji i na ulicach miejskich. Materiały z Konferencji Naukowo-Technicznej „Zagospodarowanie odpadów z rejonu Krakowa”*. NOT Oddział w Krakowie. Kraków.
- (3) Siuta J. (1988): *Przyrodnicze zagospodarowanie osadów ściekowych*. Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska. PWN. Warszawa.
- (4) Shieh C. S., Roethel F. J. (1989): *Physical and Chemical Behavior of Stabilized Sewage Sludge Blocks in Seawater*. Environ. Sci. Tech. 23, 1, 121-125.
- (5) Korcz M., Zych R. (1989): *Zasady wykorzystania osadów ściekowych do rekultywacji składowisk odpadów*. Materiały z IV Polskiego Kongresu Oczyszczania Miast. Szczecin, 8-10 czerwiec.

- (6) Kempa E. (1993): Przyszłościowa gospodarka osadami ściekowymi. Materiały z Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Problemy gospodarki osadowej w oczyszczalniach ścieków”. Częstochowa.
- (7) Hue N. V., Ranjith S. A. (1994): Sewage Sludges in Hawaii: Chemical Composition and Reactions with Soils and Plants. *Water, Air, and Soil Pollution*, 72/1-4, 265-283.
- (8) Strauch D. (1987): Odkazanie osadów ściekowych. Materiały z VIII Seminarium PZITS - Uniwersytet Stuttgart, 18-19 maj.
- (9) Wild S. R., Waterhouse K. S., McGrath S. P., Jones K. C. (1990): Organic Contaminants in an Agricultural Soil with a Known History of Sewage Sludge Amendments: Polynuclear Aromatic Hydrocarbons. *Environ. Sci. Tech.* 24, 11, 1706-1711.
- (10) Hooda P. S., Alloway B. J. (1994): Sorption of Cd and Pb Selected Temperate and Semi-Arid Soils: Effect of Sludge Application and Ageing of Sludged Soils. *Water, Air, and Soil Pollution Vol.* 74/3-4, 235-250.
- (11) Małeckie Z. i in. (1995): Problemy sozologiczne aglomeracji miejsko-przemysłowych. Odpady przemysłowe i komunalne. Komitet Inżynierii Środowiska PAN. Biuletyn nr 1.
- (12) Jaros-Kamińska B., Długoński J. (1996): Microbiological Degradation and Remediation of Organic and Inorganic Wastes. *Proceedings of the 4-th International Symposium „Integrated Management and Processes for Waste from Industry and Human Settlements”*. Międzyzdroje, 8-10 May.
- (13) Charlier R. H. (1996): Sludge and Wastes - Two Case Studies: Sheboygan River (Wisconsin) and Moervaart (Belgium). *Intern. J. Environ Studies* 50, 17-26.
- (14) Heedfeld J. G., Schlüter S., Daun M. (1995): Modelling and Simulation of a Seep Well Reactor for the Wet Air Oxidation of Sewage Sludge. *Chem. Eng. Proc.*, 34, 121-126.
- (15) Wasiak G. (1994): Wytwarzanie, właściwości i gospodarka osadami ściekowymi w Polsce na tle Europy Zachodniej i USA. Materiały z Seminarium Naukowo-Technicznego „Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych”. Warszawa, październik.
- (16) Rink K. K. et al. (1993): Thermal Treatment of Hazardous Wastes: A Comparison of Fluidized Bed and Rotary Kiln Incineration. *Energy & Fuels*, 7, 6, 803-813.
- (17) Ogada T., Werther J. (1996): Combustion Characteristics of Sludge in a Fluidized Bed. *Fuel* 75, 5, 617-626.
- (18) Martin E. J., Johnson J. H. et al. (1987): Hazardous Waste Management Engineering. Van Nostrand Reinhold Company. New York.
- (19) Krogulec N. (1994): Spalanie odpadów przemysłowych. *Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów*, 1, 22-25.
- (20) Laska J., Nowak W., Werther J., Ogada T. (1995): Spalanie osadów ściekowych w warstwie fluidalnej. *EkoProblemy*, 3, 6-9.
- (21) Konar S. K., Boocock D. G. B., Mao V., Liu J. (1994): Fuels and Chemicals from Sewage Sludge: 3. Hydrocarbon Liquids from the Catalytic Pyrolysis of Sewage Sludge Lipids over Activated Alumina. *Fuel* 73, 5, 642-646.
- (22) Mazur M. i in. (1995): Ocena rzeczywistego oddziaływania na środowisko spalarni odpadów w Dąbrowie Górniczej. Praca nie publikowana.
- (23) Mazur M., Oleniacz R. (1996): Thermal Waste Utilization in the „Lobbe” Incineration Plant in Dąbrowa Górnicza - Environmental Pollution Problems. *Proceedings of the 4-th International Symposium „Integrated Management and Process for Waste from Industry and Human Settlements”*. Międzyzdroje, 8-10 May.
- (24) RV'89 (Holandia), 17. BImSchV'90 (Niemcy), LRV'92 (Szwajcaria), LGR-K (Austria).

STRESZCZENIE:

W gospodarce odpadami wyróżnić można kilka metod utylizacji osadów ściekowych: składowanie na lądzie lub w morzu, wykorzystanie przyrodnicze w rolnictwie, leśnictwie lub do rekultywacji nieużytków oraz spalanie. Badaniami objęto osady mulisto-smołowe powstające w oczyszczalni ścieków z przemysłu koksowniczego, spalane w działającym w pełnej skali piecu półkowym. Przedstawione wyniki pomiarów emisji zanieczyszczeń pozwalają na stwierdzenie, że termiczna utylizacja osadów ściekowych w tego typu instalacji może być mało uciążliwa dla środowiska, o ile zostaną zastosowane odpowiednie urządzenia do oczyszczania spalin. Określono minimalną skuteczność tych urządzeń, zapewniającą dotrzymanie europejskich norm emisji zanieczyszczeń.

EMISSION FROM SEWAGE SLUDGE INCINERATION IN A MULTIPLE HEARTH INCINERATOR

keywords: atmosphere, combustion gases, emission, incineration, multiple hearth, sewage sludge.

There are some methods of sewage sludge disposal in the waste management: land or sea storage, application in the agriculture, forestry or land reclamation, and finally incineration. Mud-tar sludges from the coking industry waste-water treatment plant were embraced during investigations. The sludges were incinerated in a full-scale multiple hearth. The results of pollutant emissions allow to speculate, that thermal utilization of sewage sludges in this type of installation can be little burdensome for environment if adequate waste gas purification systems are applied. Minimal efficiency for the systems has been determined to obtain European emission limit values.

Mgr inż. Robert Oleniacz
Dr inż. Marian Mazur
Mgr inż. Marek Bogacki
Zakład Kształtowania i Ochrony Środowiska
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Al. Mickiewicza 30, paw. C-4
30-059 Kraków