

Józef Kuropka

## MOŻLIWOŚCI OGRANICZENIA ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA ATMOSFERYCZNEGO

Rozwój produkcji przemysłowej pociąga za sobą ciągły wzrost zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego. Według danych GUS [1], obejmujących działalność 1086 zakładów przemysłowych, uważanych za głównych sprawców zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego, roczna emisja zanieczyszczeń gazowych (w 1984 roku) wynosiła 4999 tys. ton, w tym dwutlenku siarki 2612 tys. ton, tlenku węgla 1486 tys. ton, tlenków azotu 629 tys. ton, natomiast roczna emisja zanieczyszczeń pyłowych 1711 tys. ton. Analizując dane GUS z lat 1975—1984 można zauważyć, że ogólna emisja pyłów miała tendencje wzrostowe do roku 1978 oraz malejące do roku 1984, natomiast ogólna emisja gazów wykazywała tendencje wzrostowe do roku 1980, niewielkie obniżenie emisji w latach 1981—1982 (m. in. spowodowane obniżeniem produkcji) oraz stopniowy wzrost emisji w latach 1983—1984. Ilość zatrzymywanych pyłów i gazów utrzymywała się w okresie porównawczym na tym samym poziomie. Ponieważ fakty te budzą uzasadnione zaniepokojenie społeczne, dlatego też w tabeli 1 przedstawiono stan zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego w południowo-zachodniej Polsce na tle sytuacji w kraju. Z danych tych wynika, że emisja zanie-

fakt, że dane GUS nie obejmują wszystkich źródeł emisji, zwłaszcza zaś wielu ciepłowni, kotłowni przemysłowych i komunalnych oraz indywidualnych palenisk, można przyjąć, że dane te istotnie zaniżają (według [2] ok. 1,5—2 razy) stan faktyczny zanieczyszczenia środowiska. Na pogarszanie się stanu czystości środowiska naturalnego ma także duży wpływ transgraniczny przepływ znacznych ilości zanieczyszczeń powietrza z NRD, CSRS, a nawet RFN. Obok wymienionych zanieczyszczeń, istotne zagrożenie na obszarze południowo-zachodniej Polski powodują także inne substancje toksyczne, emitowane lokalnie z pobliskich zakładów przemysłowych. Są to w pierwszym rzędzie: pyły metali ciężkich z hut metali kolorowych; amoniak, siarkowodór i dwusiarczek węgla z zakładów chemicznych i koksowniczych; fluorowodór i czterofluorek krzemu z hut szkła i z zakładów chemicznych. Ponadto duży udział górnictwa, przemysłu energetycznego, chemicznego, cementowego, celulozowo-papierniczego, włókienniczego i innych konfliktogennych dla naturalnych warunków środowiska gałęzi przemysłu, nakłada się na często przestarzałe technologie wytwarzania oraz nieefektywne lub wręcz nieistniejące systemy i urządzenia neutralizujące produkty emitowane przez przemysł do powietrza atmosferycznego.

Z danych GUS wynika, że ponad 50% wyposażenia zakładów przemysłowych w podstawowe urządzenia do redukcji zanieczyszczeń, to urządzenia o okresie pracy powyżej 10 lat. Często zdarzają się przypadki, że zakłady przemysłowe mają technicznie sprawne urządzenia chroniące środowisko naturalne, a mimo to urządzenia te nie funkcjonują. Trudną sytuację pogłębia rozdrobnienie i zła lokalizacja wielu uciążliwych obiektów przemysłowych.

Aktualna wielkość emisji pyłów i gazów powoduje powszechne przekraczanie dopuszczalnych norm zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego [3]. Stąd, opierając się na kryteriach zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego, wyznaczono w Polsce 27 obszarów zagrożenia ekologicznego. W południowo-zachodniej Polsce są to następujące okręgi: opolski, wałbrzyski, wrocławski, jeleniogórski, turoszowski i legnicko-głogowski, na których terenie obowiązuje zakaz lokalizacji nowych i rozbudowy istniejących, uciążliwych zakładów przemysłowych. Należy zaznaczyć, że w południowo-zachodniej Polsce usytuowane są parki narodowe i krajo- brazowe oraz wiele uzdrowisk. W niektórych uzdrowiskach zanieczyszczenie powietrza atmo-

Tabela 1

EMISJA ZANIECZYSZCZEŃ PYŁOWYCH I GAZOWYCH  
Z ZAKŁADÓW PRZEMYSŁOWYCH [1]

Województwo	Zakłady uciążliwe (stan z dnia 31.XII.1984)			Emisja w tys. ton		
	ogółem	w tym wyposażone w urządzenia do redukcji zanieczyszczeń		pyłów ogółem	gazów	
		pyłowych	gazowych		ogółem	w tym SO <sub>2</sub>
opolskie	25	23	4	72	185	56
wałbrzyskie	34	31	3	32	32	16
wrocławskie	35	46	5	44	61	34
jeleniogórskie	12	12	2	79	235	209
legnickie	28	26	6	16	303	78
leszczyńskie	6	6	1	0	2	1
zielenogórskie	9	9	2	4	8	6
<b>Razem</b>	<b>169</b>	<b>153</b>	<b>23</b>	<b>247</b>	<b>826</b>	<b>400</b>
<b>Polska</b>	<b>1086</b>	<b>970</b>	<b>107</b>	<b>1711</b>	<b>4999</b>	<b>2612</b>

czyszczeń pyłowych i gazowych wydalanych do powietrza atmosferycznego, stanowi ok. 15% ich ogólnokrajowej wielkości. Mając na uwadze

Dr inż. J. Kuropka: Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław.

sferycznego nie tylko przekracza normy dla tego typu miejscowości, lecz równe jest zanieczyszczeniu powietrza w miastach przemysłowych [4]. Ponadto zakłady uciążliwe dla otoczenia nie mają z reguły prawidłowo zagospodarowanej strefy ochronnej. Niezgodne z przepisami w obrębie stref ochronnych zlokalizowane są często osiedla, szkoły, szpitale i powszechnie ogródki działkowe. Jednocześnie obserwuje się stosunkowo niski stopień świadomości społecznej tych zagrożeń.

## Kierunki działań na rzecz ochrony powietrza atmosferycznego

Skuteczność wysiłków na rzecz ochrony środowiska naturalnego w decydującej mierze będzie uzależniona od tego, w jakim stopniu nastąpi skoordynowanie działań administracyjnych, prawnych, ekonomicznych, technicznych i oświatowo-wychowawczych oraz w jakim stopniu nastąpi zharmonizowanie realizacji zadań na rzecz środowiska z zasadami i mechanizmami reformy gospodarczej. Doświadczenia wykazują jednak, że nie udało się do tej pory stworzyć instrumentów skłaniających zakłady przemysłowe do rzetelnego zajęcia się ochroną środowiska [5]. Stworzenie rachunku ekonomicznego, który by wymuszał ekonomiczne zainteresowanie zakładów przemysłowych ochroną środowiska i ekonomiczną odpowiedzialność za zanieczyszczenia i dewastację środowiska ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia jego racjonalnej czystości [6]. Chodzi tu o taki rachunek ekonomiczny, którego wskaźnik kształtujący wzrost dochodów pieniężnych pracowników byłby najwyższy, gdy zakład będzie chronił środowisko i byłby niższy (a nawet ujemny), gdy zakład będzie zanieczyszczał lub niszczył środowisko. Wówczas ochrona środowiska naturalnego stałaby się opłacalna dla zakładu przemysłowego.

W warunkach naszego kraju działalność ochronna nie nadąża za potrzebami. Na ochronę środowiska przeznaczamy nie więcej niż 1% dochodu narodowego (z tego ok. 15% na ochronę powietrza atmosferycznego), podczas gdy w krajach rozwiniętych na ten cel przeznaczają się od 4 do 6%. W rezultacie tych zaniedbań środowisko naturalne ulega postępującej degradacji. W świetle powyższego bardzo obiecująca jest informacja, że w ochronie środowiska w latach 1986—1990 działania na rzecz ochrony powietrza atmosferycznego przed emisją związków siarki i innych szkodliwych zanieczyszczeń, będą priorytetowe (obok budowy zbiorników retencyjnych i oczyszczalni ścieków) [7]. Chodzi tutaj m. in. o finansowanie badań, wdrożeń i budowy pilotowych instalacji na skalę przemysłową.

Z całokształcie przedsięwzięć związanych z ochroną powietrza atmosferycznego, główny ciężar działań powinien spoczywać na technice, szczególnie na inżynierii ochrony atmosfery, która zajmuje się m. in. diagnozą stanu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego oraz

oczyszczaniem gazów odlotowych z zanieczyszczeń, występujących w postaci pyłów, mgieł i gazów. Jednym ze sposobów ograniczenia emisji zanieczyszczeń jest wprowadzenie zmian struktury gałęziowej produkcji [8]. Chodzi tu o stopniowe ograniczanie produkcji szczególnie zanieczyszczających środowisko naturalne, np. przez lokalizację zakładów szczególnie uciążliwych na obszarach mało zaludnionych, o niskich walorach przyrody. Ze sprawą zmian struktury gałęziowej wiąże się ściśle zagadnienie zmian technologicznych i technicznych, zwłaszcza wprowadzanie technologii mało- i bezodpadowych. Zmiany takie mogą polegać m. in. na odpowiednim doborze surowców, metod wytwarzania, poprawie hermetyzacji oraz automatyzacji wielu procesów. Umożliwi to z jednej strony odciążanie z urządzeń technologicznych stosunkowo niewielkich ilości zanieczyszczeń, co (szczególnie przy znacznych stężeniach) ułatwia ich oczyszczanie, z drugiej zaś strony poprzez zachowanie reżimów technologicznych — zmniejszenie ilości wydzielających się zanieczyszczeń. Dalszych możliwości eliminacji lub znacznego zmniejszenia emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłowych, należy także szukać w odzysku i utylizacji ciepła odpadowego z procesów technologicznych.

Wkroczenie w sferę technologii oznacza również takie zagospodarowanie gazów odlotowych, aby w wyniku ich neutralizacji nie tworzyć równie agresywnych i toksycznych ścieków lub kłopotliwych osadów, lecz powrócić do produktów lub półproduktów o walorach użytkowych. Jeżeli zaś żadna z wymienionych wyżej możliwości zmian procesów technologicznych nie pozwala całkowicie wyeliminować emisji zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego lub gdy wprowadzenie tych zmian jest nieuzasadnione z ekonomicznego punktu widzenia, jedyną drogą pozostaje oczyszczanie gazów odlotowych.

## Wybrane technologie oczyszczania gazów odlotowych

O ile problem ograniczenia emisji pyłów jest technicznie rozwiązany, to neutralizacja szkodliwych gazów, odprowadzanych do powietrza atmosferycznego, wymaga dalszych badań. Opracowanie skutecznych i stosunkowo tanich sposobów unieszkodliwiania zanieczyszczeń gazowych (takich jak dwutlenek siarki, tlenki azotu, siarkowodor i dwusiarczek węgla, fluorowodor i czterofluorek krzemu) nie jest łatwe, gdyż często należałoby oczyszczać olbrzymie objętości przemysłowych gazów odlotowych, zawierających niewielkie ilości zanieczyszczeń gazowych.

Liczne prace badawcze, prowadzone zwłaszcza w krajach uprzemysłowionych, rozwijają się w dwóch zasadniczych kierunkach: technologicznym i aparaturowym. W pierwszym przypadku poszukuje się jak najprostszej i taniej technologii oczyszczania gazów, natomiast w drugim — prowadzi się prace nad najbardziej racjonal-

nymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi aparatów i urządzeń, mając na uwadze przede wszystkim efektywność ekonomiczną inwestycji i eksploatacji. Uwzględniając zaś aktualną sytuację ekonomiczną kraju należy poszukiwać takich technologii oczyszczania gazów, które umożliwiają ograniczenie emisji gazów do powietrza atmosferycznego, przy minimalnych nakładach. Spośród technologii oczyszczania przemysłowych gazów odlotowych opracowywanych w kraju, realną możliwość przemysłowego zastosowania w energetyce, hutnictwie i w przemyśle chemicznym mają następujące technologie:

1. Odsiarczanie gazów odlotowych na drodze absorpcji dwutlenku siarki w roztworze siarczynu sodowego, z termicznym rozkładem wodosiarczynu sodowego; utylizacja dwutlenku siarki do kwasu siarkowego z uboczną produkcją siarczanu sodowego [9, 10].

2. Odsiarczanie gazów odlotowych na drodze absorpcji dwutlenku siarki w roztworze siarczynu sodowego i regeneracja roztworu posorpcyjnego wodorotlenkiem wapnia; wykorzystanie gipsu w mieszaninie z żużlem i cementem do produkcji elementów budowlanych [9, 11].

3. W kotłowniach, gdzie istnieje lub projektuje się hydrauliczny transport żużla i popiołu, może być wykorzystana sorpcja dwutlenku siarki w cieczy po hydraulicznym transporcie [9, 12].

Z metod opartych na absorpcji dwutlenku siarki bezpośrednio zawieszoną wodorotlenku wapnia [9, 13] największe nadzieje na powszechne zastosowanie rokuje technologia, polegająca na jednoczesnej sorpcji dwutlenku siarki w kropli zawiesziny i suszeniu powstających cząsteczek  $\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ciepłem spalin. W tej metodzie, po opanowaniu procesu sorpcji dwutlenku siarki i suszenia produktów, główny ciężar procesu odsiarczania zostanie przeniesiony na opanowany technicznie proces odpylania, co przy rolniczym wykorzystaniu odpadów pozwoli kompleksowo rozwiązać problem odsiarczania gazów.

Usuwanie związków fluoru z odlotowych gazów przemysłowych prowadzi się najczęściej dwustopniowo, w wodzie lub w roztworze kwasu fluorokrzemowego. Pełne ich usunięcie napotyka jednak na szereg trudności. Wynika to głównie z braku wysokosprawnych urządzeń oczyszczających oraz dużych kłopotów eksploatacyjnych, jakie stwarza korozyjność aparatury oraz wydzielająca się krzemionka. Uwzględniając powyższe trudności opracowano nowe technologie oczyszczania gazów ze związków fluoru, emitowanych przez przemysł szklarski [14] i przemysł nawozów fosforowych [15]. Absorpcję związków fluoru prowadzi się w roztworach alkalicznych, które są mniej agresywne i nie wymagają specjalnych zabezpieczeń antykorozyjnych. Regenerację roztworu posorpcyjnego prowadzi się wodorotlenkiem wapniowym. Otrzymany sztuczny fluoryt wykorzystywany jest jako składnik mieszanek wytopowej w zakładach szklarskich i emalierskich, zaś w zakładach nawozów fosforowych jest transportowany na poletka osadowe. Oczyszczona krze-

mionka charakteryzuje się bardzo dobrymi własnościami adsorpcyjnymi i stanowi cenny produkt rynkowy.

Problem unieszkodliwiania tlenków azotu z gazów emitowanych przez zakłady energetyczne i ogrzewcze jest obecnie studiowany bardzo wnikliwie [16]. Pewne nadzieje na rozwiązanie tego zagadnienia wiąże się z metodami łącznej absorpcji dwutlenku siarki i tlenków azotu [17, 18]. Zastosowanie redukcji katalitycznej do oczyszczania gazów odlotowych z tlenków azotu nie znajduje w chwili obecnej szerszego zastosowania, przede wszystkim z powodu znacznych nakładów inwestycyjnych i eksploatacyjnych. Niemniej rozwój dopalaczy spalin samochodowych powinien w najbliższych latach doprowadzić do znacznego ograniczenia emisji tlenków azotu z silników.

Z metod nadających się do usuwania tlenków azotu z odlotowych gazów przemysłowych na uwagę zasługują metody absorpcji kwaśnej i alkalicznej. Dobór najbardziej ekonomicznej metody jest jednak uzależniony od parametrów oczyszczanego gazu i możliwości utylizacji produktów sorpcji w macierzystym zakładzie. Ponieważ większość emisji tlenków azotu stanowią emitory małe (najczęściej w zakładach chemicznych, niejednokrotnie o bardzo zmiennej skokowej emisji), problem oczyszczania gazów z tych zakładów powinien być w najbliższym okresie rozwiązany w pierwszej kolejności. Jest to istotne dlatego, że zanieczyszczenia te są bardzo szkodliwe dla bezpośredniego otoczenia zakładów oraz po to, aby uzyskać doświadczenia technologiczne i aparaturowe, przy zaangażowaniu niewielkich środków finansowych. Realną możliwość przemysłowego zastosowania (np. w galwanizerniach) ma technologia oczyszczania gazów z tlenków azotu w alkalicznym roztworze podchlorynu sodowego [19]. Do ograniczenia emisji tlenków azotu przy produkcji kwasu siarkowego metodą nitrozową, może się wydatnie przyczynić modyfikacja technologii produkcji oraz intensyfikacja procesu absorpcji tlenków azotu [20].

Z przedstawionych technologii oczyszczania gazów odlotowych w zakładach przemysłowych południowo-zachodniej Polski pracują już następujące: instalacja pilotowa oczyszczania gazów z fluorowodoru i czterofluorkrzemu w hucie szkła (od 1977 r.), instalacja pilotowa oczyszczania gazów z fluorowodoru i czterofluorkrzemu w zakładach fosforowych (od 1984 roku), instalacja przemysłowa oczyszczania gazów z tlenku azotu po produkcji kwasu siarkowego metodą nitrozową w zakładach fosforowych (od 1982 r.).

## Podsumowanie

Analizując problematykę technologii oczyszczania gazów odlotowych, opracowanych i stosowanych w produjących w tej dziedzinie krajach świata należy stwierdzić, że znane rozwiązania krajowe nie odbiegają od rozwiązań firm o światowej renomie, ale różnią się znacznie jakością wykonania i materiałami konstrukcyj-

nymi. Z uwagi na zagrożenie, jakie stanowi emisja zanieczyszczeń gazowych do powietrza atmosferycznego, wyposażenie głównych źródeł emisji tych zanieczyszczeń w instalacje oczyszczające jest pilną koniecznością. Najważniejszym zadaniem jest podjęcie intensywnych działań nad przemysłowym wdrażaniem rozwiązań krajowych przede wszystkim w tych zakładach przemysłowych, które w największym stopniu zanieczyszczają powietrze atmosferyczne.

## LITERATURA

1. **Rocznik Statystyczny GUS**, Warszawa 1985.
2. M. NOWICKI: Główne źródła emisji zanieczyszczeń na obszarze Polski. Mat. konf. „Strategia i technika ochrony powietrza atmosferycznego”, Zabrze—Kraków, 1985, zeszyt A, s. 1—10.
3. **Uchwała Rady Ministrów nr 21 z 4.03.1983.**
4. J. ANTONOWICZ, E. NOWAKOWSKI: Opad i stężenie pyłu w uzdrowiskach dolnośląskich. Ochrona Środowiska. Wyd. PZITS nr 365/4(10), s. 43—45, Wrocław 1981.
5. Z. BOCHNIARZ, A. KASSENBERG: Ochrona środowiska w planowaniu społeczno-gospodarczym. W: Ekonomiczne i socjologiczne problemy ochrony środowiska. Wrocław 1985, s. 55—90.
6. K. LESZCZYŃSKI: Rachunek ekonomiczny i jego zastosowanie w dziedzinie ochrony środowiska. W: Ekonomiczne i socjologiczne problemy ochrony środowiska. Wrocław 1985, s. 91—137.
7. S. JARZĘBSKI: Informacja rządu o realizacji ustawy o ochronie i kształtowaniu środowiska. Rzeczpospolita. Dziennik Sejmowy 1985, 8, s. 5—6.
8. B. PRANDECKA: Współzależność ochrony środowiska i procesów rozwoju. W: Ekonomiczne i socjologiczne problemy ochrony środowiska. Wrocław 1985, s. 11—27.
9. M. A. GOSTOMCZYK: Możliwości odsiarczania spalin w oparciu o własne technologie. Mat. konf. „Strategia i technika ochrony powietrza atmosferycznego”, Zabrze—Kraków 1985, zeszyt D, s. 1—12.
10. M. A. GOSTOMCZYK i in.: Projekt procesowy pilotowej instalacji mokrego odsiarczania spalin dla elektrowni zawodowych Zagłębia Jaworznickiego. Raport Inst. Inż. Ochrony Środow., PWr., ser. SPR nr 28/83.
11. M. A. GOSTOMCZYK i in.: Projekt procesowy instalacji badawczej do odsiarczania gazów odlotowych z taśmy spiekalniczej w Hucie Katowice metodą podwójnie alkaliczną. Raport Inst. Inż. Ochr. Środow. PWr., ser. 16/83.
12. J. WAŁĘSKA: Sposób i układ oczyszczania gazów odlotowych z procesów spalania węgla i koksu. Zgł. pat. PRL nr P-242760, 1983.
13. J. STROM: Economics of dry flue gas desulfurization and by products handling. OECD Inst. Symp. Petten, Netherlands 1982.
14. M. GŁOMBA, M. A. GOSTOMCZYK, S. SUDER: Sposób oczyszczania gazów odlotowych z HF i SiF<sub>4</sub> oraz utylizacji roztworów posorpcyjnych. Pat. PRL nr 103217.
15. M. A. GOSTOMCZYK, J. KUROPKA, M. DOMAŃSKI: Usuwanie związków fluoru z gazów odlotowych w zakładach nawozów fosforowych. Ochrona środowiska. Wyd. PZITS nr 434/2(19), 1984, s. 34—37.
16. M. A. GOSTOMCZYK, J. KUROPKA: Metody absorpcyjne oczyszczania gazów odlotowych z tlenków azotu. Ochrona Powietrza, 1978, 5, 113—116.
17. H. IDEMURA: Simultaneous sulfur dioxide and nitrogen oxides removal process for flue gas. Chiyoda Thoroughbred 102 process. Chem. Econ. Eng. Rev. 1974, 6(8), 22—26.
18. S. YAMADA: Fundamental studies an simultaneous removal of sulfur oxides and nitrogen oxides by the wet lime and gypsum process. IHI Eng. Rev. 1977, 10(3), pp. 15—24.
19. M. A. GOSTOMCZYK i in.: Sposób oczyszczania gazów odlotowych z tlenków azotu. Patent PRL nr 123035.
20. M. SOSNOWSKI, M. A. GOSTOMCZYK, J. KUROPKA: Usuwanie tlenków azotu z gazów po produkcji kwasu siarkowego metodą nitrozową. Ochrona Powietrza, 1984, 1, s. 4—7.

## J. Kuropka

### ABATING AIR POLLUTION IN POLAND

Using the available statistical data (provided by the Central Statistical Office), the air pollution level of

1984 (particulates and gas emissions) is determined and appropriate pollution control measures are indicated. Presented are methods of removing two major air pollutants — sulphur dioxide and fluorine compounds. The methods are recommendable particularly to industries with high environmental impact.