

Pacałowski, Andrzej

Odory rafineryjne w środowisku płockim

Notatki Płockie 26/1-106, 47-51

1981

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych oraz w kolekcji mazowieckich czasopism regionalnych mazowsze.hist.pl.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Odory rafineryjne w środowisku płockim

Wprowadzenie

Węch odgrywa ogromną rolę w świecie zwierzęcym. Służy wyszukiwaniu i wyborowi pokarmu, znalezieniu zdobyczy, uniknięciu wroga, bioorientacji i biokomunikacji (oznakowanie terytorium, odnalezienie i rozpoznanie partnera płciowego itp.¹). Szczególną rolę wśród substancji zapachowych zajmują fermony kierujące zachowaniem zwierząt. I jeśli u kręgowców sygnał węchowy działa z reguły nie samoistnie, a we współdziałaniu z innymi zmysłami, tak u owadów fermon może odegrać rolę jedynego kluczowego sygnału w pełni determinującego ich zachowanie. Z tego względu synteza chemiczna niektórych fermonów (płciowych atraktantów, czy fermonów trwogi owadów będących szkodnikami) stanowi obiecującą próbę walki z nimi metodami biologiczno-chemicznymi.

W życiu człowieka węch odgrywa rolę nie najważniejszą lecz i nie tak skromną. Na przykład smak potraw określa się głównie dzięki odczuciom węchowym. Organ węchowy człowieka posiada wysoką czułość, potrafi wyczuć $5 \cdot 10^{-6}$ mg/m³ trójnitrobutyltoluenu, lecz nie można go porównać z czułością nosa psa [10⁻⁹ mg/m³ kwasu masłowego] czy receptorów motyla jedwabnika [10⁻¹¹ mg/m³ bombikolu — płciowego fermonu samicy] 2).

Nauka zajmująca się zapachami olfaktologia dysponuje olbrzymim materiałem doświadczalnym. Związek jaki zachodzi pomiędzy zapachem substancji a jej budową chemiczną jest dotąd nieznanym. Istnieją jedynie empiryczne reguły pozwalające czasem przewidzieć charakter zapachu nowej substancji. Z reguł dotyczących mieszania substancji zapachowych wiadomo, że:

1. mieszanina substancji zapachowych tworzy jeden zapach (ta reguła zlewania się zapachów wykorzystywana jest w przemyśle perfumeryjnym).
2. przy długim oddziaływaniu substancji zapachowej następuje „przywykanie” do tego zapachu.
3. po działaniu zapachu kontrastowego możliwe jest podwyższenie czułości organów powonienia w stosunku do innego zapachu.
4. w mieszaninach zapachów możliwe jest wzajemne osłabienie zapachu³).

Próg percepcji

Liczba substancji pachnących jest olbrzymia a zapach każdej z nich jest swoisty. Nie ma dwu związków chemicznych o identycznym

zapachu. Próbowano wielokrotnie klasyfikować zapachy lecz żadna klasyfikacja nie znalazła szerszego zastosowania. Charakterystyczną wielkością dla każdej substancji pachnącej jest jej próg percepcji czyli próg wykrywalności węchowej, co wyraża się minimalnym stężeniem substancji w powietrzu, przy którym można wyczuć jej zapach. W tabeli nr 1 zestawiono próg wykrywalności węchowej (PWW) kilku substancji odznaczających się zapachem. Wybrane substancje reprezentują zapachy charakterystyczne dla przemysłu rafineryjno-petrochemicznego⁴).

Tabela 1

Próg wykrywalności węchowej [mg/m³]

Lp	Nazwa substancji	PWW	D ₅	D ₂₀
1	2		4	5
1	Benzyna	1200	300	5
2	Aceton	1100	200	0,35
3	Toluen	190	100	0,3
4	Fenol	2	5	0,02
5	Dwutlenek siarki	2	20	0,9
6	Ksylen	0,8	100	0,3
7	Siarkowódór	0,2	10	0,06
8	Ozon	0,03	—	0,07
9	Merkaptan butylowy	0,003	—	0,001
10	Merkaptan metylowy	0,002	—	0,001
11	Merkaptan etylowy	0,00004	—	0,001

gdzie: PWW — próg wykrywalności węchowej

D₅ — dopuszczalne stężenie na stanowisku pracyD₂₀ — dopuszczalne stężenie w powietrzu atmosferycznym (czas uśredniania 20 min.).

Substancje o wysokim progu percepcji w tabeli 1, od benzyny do toluenu mają dopuszczalne stężenie zarówno w powietrzu na stanowisku pracy jak i w powietrzu atmosferycznym poniżej progu wykrywalności węchowej. Przestrzeganie warunku nieprzekraczania dopuszczalnych stężeń stanowi dostatecznie pewne zabezpieczenie przed zapachowym oddziaływaniem tych substancji. Dla wielu substancji o niższym progu percepcji, w tabeli 1, od fenolu do siarkowodoru, dopuszczalne stężenia w powietrzu na stanowisku pracy leżą powyżej progu wykrywalności węchowej. Dla substancji o bardzo niskich progach percepcji dopuszczalne stężenia w powietrzu atmosferycznym leżą powyżej progu wykrywalności.

Są to substancje nie poddające się praktycznie ilościowej regulacji prawnej w znaczeniu możliwości określenia dopuszczalnych stężeń. Przykładem jest w tabeli 1 merkaptan butylowy wyczuwalny w powietrzu w stężeniach nie dających się oznaczać ilościowo żadną ze znanych metod analizy chemicznej.

Zródła zapachów w kombinacie

Ropa naftowa składa się z węglowodorów od C_1 do C_{60} i wyżej (alkanów, cykloalkanów, węglowodorów aromatycznych i pochodnych) oraz związków zawierających oprócz węgla i wodoru, heteroatomy — tlen, siarkę i azot. Przeróbka ropy naftowej to głównie rozdzielanie i uszlachetnianie produktów. Począwszy od magazynowania ropy przez proces odsalania, odwadniania, destylacji atmosferycznej, próżniowej, krakingu ciężkich frakcji, oczyszczania gazów, mieszania produktów do ekspedycji, procesy rafineryjne stanowią potencjalne źródło zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego. Związki o silnym zapachu: siarkowodor, merkaptany, aminy, fenole, węglowodory przedostają się do powietrza atmosferycznego z każdej niedostatecznie hermetyzowanej instalacji. Brak hermetyzacji wynika z dwu powodów, pierwszy to technologicznie przewidziane upusty gazów i zapachów do powietrza atmosferycznego, drugi to wypływy przypadkowe, awaryjne wynikające z niedoskonałości wytworów technicznych człowieka.

Do pierwszej grupyaliczamy wydechy aparatów, zbiorników, wyrzutnie gazów poreakcyjnych, studnie barometryczne destylacyjnych kolumn próżniowych, wyrzutnie gazów pomp próżniowych, nalewaki produktów rafineryjnych i petrochemicznych, otwarte separatory olejów dla ścieków, otwarte zbiorniki oczyszczalni ścieków, wyrzutnie gazów z zaworów bezpieczeństwa skierowane do powietrza atmosferycznego.

Do drugiej grupy należą nieszczelności aparatów, połączeń kołnierзовych rurociągów, uszczelnienia zaworów, uszczelnienia pomp, kompresorów. Wielkości globalnej emisji zanieczyszczeń z powodu braku hermetyzacji liczących do drugiej grupy są znaczne i z terenu kombinatu podobnie ustalone w czasie jak i pierwszej grupy. Dzieje się tak dlatego, że mamy do czynienia ze zdarzeniami losowymi, jakim jest awaryjny przeciek konkretnego uszczelnienia, odniesionymi do olbrzymiej liczby zainstalowanych w kombinacie uszczelnień (setki tysięcy zaworów na setkach kilometrów rur, tysiące pomp, kompresorów, aparatów⁵). I tak jak statystyk może dokładnie przewidzieć ilość wypadków drogowych jaka zdarzy się na terenie całego kraju w dniu letniego niedzielnego wyjazdu za miasto, tak i my możemy określić, że pewna ilość zaworów i uszczelnień przecieka jednocześnie na terenie kombinatu.

Duży wpływ na natężenie i rodzaj woni produktów przerobu ropy naftowej ma zawartość

heteropierwiastków tlenu, azotu, siarki. Szczególnie dużo ropa naftowa zawiera siarki, przetwarzana w Płocku ropa romaszińska zawiera 1,6% siarki. Wynika z tego ogólne prawo, że im więcej procesów rafineryjnych z udziałem wodoru stosuje w technologii przetwarzania ropy rafineria tym mniejsza jest uciążliwość zapachowa dla otoczenia⁶). Wodór reaguje ze związkami siarki, a wytworzony siarkowodor, wydzielony, zebrany i przetworzony na instalacjach odzysku siarki daje stały, bezwonny produkt handlowy, siarkę elementarną. Inne związki o intensywnym zapachu zawierające heteroatomy w procesach uwodornienia również ulegają redukcji dając bezwonne produkty.

Budowa kombinatu płockiego rozpoczęła się 20 lat temu. Budowane wówczas instalacje: destylacja rurowo-wieżowa, oksydacja asfaltów, oczyszczalnia ścieków część mechaniczna, ekspedycja produktów, wiaty nalewczwe, charakteryzują się niewielkim stopniem hermetyzacji i do dzisiaj stanowią najpoważniejsze źródła emisji związków o intensywnym zapachu. Podobnie w części petrochemicznej kombinatu pierwsza instalacja fenolu i acetonu stopniem hermetyzacji nie zadawała dzisiaj stosowanych kryteriów ochrony powietrza atmosferycznego. Poprawa stanu ochrony powietrza i zmniejszenie uciążliwości zapachowej zakładów jest w tej sytuacji bardzo utrudniona. Wymaga rekonstrukcji tych instalacji pod kątem ograniczenia emisji przez wprowadzenie hermetyzacji procesów, wydzielania strumieni wód procesowych, poddanie ich procesowi „stripingu” parą wodną i termicznym unieszkodliwieniem gazów stripingowych.

Próba ujęcia ilościowego odorów rafineryjnych

Poza ujęciem jakościowym zagadnienia odorów rafineryjnych i petrochemicznych ważne jest ujęcie ilościowe. Znane są metody określenia stopnia przekraczania progu percepcji⁷). Metoda ta polega na pobraniu próbki powietrza i określeniu stopnia rozcieńczenia próbki, przy którym można jeszcze węchowo wykryć zapach próbki. Metodę tą można z powodzeniem stosować dla zakładów uciążliwych zapachowo z powodu emitowanego jednego odoru (tuczarnia świń, chlorownia, krochmalnia, itd.). Dla kombinatu, wielozakładowego przedsiębiorstwa, złożonego z kilkudziesięciu wytwórni o dużej skali produkcji metoda ta nie znajduje zastosowania. Przytoczone w tabeli 1 przykłady kilku substancji o intensywnym zapachu o bardzo różnych progach wykrywalności węchowej dobrze ilustrują trudności traktowania odorów rafineryjnych jako jednolitego zapachu. W oparciu o założenia jednorodności odorów ocena zagrożeń metodą rozcieńczeń nie pozwala na wykorzystanie wyników pomiarów do obliczeń rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń i wykonywania obliczeniowych prognoz stanu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego.

Globalne ilości węglowodorów, jakie emitują do powietrza atmosferycznego urządzenia i instalacje płockiej Petrochemii w ciągu roku przedstawia schemat 1.

Schemat 1

**Bilans strat węglowodorów
(Gg/rok)**

Przerób ropy 13.500		
Powietrze 7	Straty 320	Pochodnie 180
Gleba 3	Oczyszczalnia 130	Utlenianie 10
Powietrze 9	Wisła 1	Słopy 110

Łącznie oceniam straty węglowodorów emitowanych do powietrza atmosferycznego na 16 tys. ton rocznie co stanowi 1/20 strat całkowitych i około 0,1% przerabianej ropy naftowej. Nie jest to dużo, niemniej nie mówi nic o uciążliwości zapachowej kombinatu. O tej bowiem decydują substancje o intensywnym zapachu czyli o niskim progu wykrywalności węchowej. Najliczniej w produktach przeróbki ropy naftowej reprezentowane są organiczne związki siarki. Schemat 2 przedstawia przybliżony bilans globalny siarki w płockiej Petrochemii.

Schemat 2

**Bilans siarki
(Gg/rok)**

Siarka w ropie 216			
W oleju opałowym 98	W gazie siarkowodo- rowym 44	W oleju napędowym 29	
			w asfalcie 40
Wywóz oleju 65	Do powietrza 36	Wywóz siarki 41	W benzynie 4

Z bilansu wynika, że do powietrza atmosferycznego kombinat emituje 36 tys. ton siarki rocznie (72 tys. ton dwutlenku siarki). Bilans siarki podobnie jak globalny bilans strat węglowodorów nie może służyć ocenie uciążli-

wości zapachowej kombinatu. Niebilansowane pozostaje 1000 Mg rocznie siarki. Do oceny uciążliwości zapachowej pozostają w tej sytuacji bezpośrednie pomiary i próby oszacowania wielkości emisji substancji o intensywnym zapachu z wytwórni i instalacji kombinatu. Wyniki przeprowadzonych pomiarów zestawiono w Tabeli 2. (Źródłem danych są pomiary wykonane w płockiej Petrochemii w latach 1975—1980).

Tabela 2

**Wyniki pomiarów wielkości emisji substancji
o intensywnym zapachu**

Lp.	Substancje	PWW [mg/m ³]	ilość [kg/godz.]	dc [kg/godz.]
1	2	3	4	5
1	Węglowodory typu benzyn	1.000	600	0,6
2	Węglowodory mieszaniny	200	900	4,5
3	Siarkowódór	0,2	32,6	163
4	Węglowodory o intensywnym zapachu	0,1	19	190
5	Odory z centralnej oczyszczalni ścieków	0,01	5,4	540
6	Merkaptany	0,001	2,8	2.800
7	Doza zapachowa	—	—	3.698,1

Legenda: PWW — próg wykrywalności węchowej

Q — wielkość emisji zanieczyszczeń

d_c — doza zapachowa emisji

Występująca w rubryce nr 5 doza zapachowa emisji jest wielkością addytywną, jaką proponuję wprowadzić przez analogię do dozy zanieczyszczeń znanej w technice obliczania stanu zanieczyszczenia powietrza przy badaniu łącznego oddziaływania kilku substancji⁸⁾.

Dozę zapachową emisji proponuję zdefiniować jako sumę oddziaływania substancji o intensywnym zapachu wyrażoną sumą ilorazów wielkości emisji przez próg percepcji zapachowej danej substancji. To jest:

$$d_c = \sum_{t=1}^{t=n} E_t \frac{P_p}{P_t}$$

gdzie: d_c — doza zapachowa [kg/godz.]

E_t — emisji substancji [kg/godz.]

P_p — próg percepcji subst. porównawczej [mg/m³]

P_t — próg percepcji substancji [mg/m³]

Przyjmując $P_p = 1$, otrzymujemy:

$$d_c = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{E_t}{P_t}$$

Policzona w powyższy sposób doza zapachowa emisji dla kombinatu przedstawiona w tabeli 2 wykazuje, że najwyższy udział 75% mają w dozie emisji zapachowej merkaptany.

Metody obniżania uciążliwości

Najważniejszym zagadnieniem w zakresie obniżania uciążliwości zapachowej kombinatu ma ograniczenie emisji substancji o intensywnym zapachu. Czynniki orograficzne, meteorologiczne możemy kształtować w niewielkim zakresie i w długich okresach czasu. Należą do nich zagospodarowanie strefy ochronnej oraz kształtowanie urbanistyczne miasta. W najbliższym dziesięcioleciu nie będą jednak czynniki te decydować o tendencjach zmian i stopniu odczuwania kombinatu w mieście.

Ograniczenie emisji substancji o intensywnym zapachu będzie w kombinacie płockim bardzo trudne. W wielu przypadkach ograniczenie emisji wymagać będzie całkowitej rekonstrukcji najwcześniej budowanych instalacji, takich jak destylacja rurowo-wieżowa, instalacja oksydacji asfaltów, część mechaniczna oczyszczalni ścieków.

Ogólnie znane metody ograniczenia emisji oraz redukcji emisji są na terenie kombinatu reprezentowane przez:

- hermetyzację procesów w stopniu na jaki pozwala najwyższa technicznie uzasadniona potrzeba,
- instalacje i sieci zrzutów odpadowych gazów i pochodnie spalające te gazy,
- metodę dopalania termicznego odgazów z instalacji oksydacji asfaltów,
- metodę katalicznego dopalania odgazów z instalacji tlenku etylenu i glikolu,
- hermetyzację nalewu produktów o wysokiej prężności par, stacje nalewcze wraz z instalacją absorpcji odsysanych par w oleju napędowym,
- zamknięte zbiorniki separatorów olejowych ścieków,
- striping ścieków kwaśnych Kramingu Katalicznego II,
- zbiorniki z dachami pływającymi na produkty naftowe o wysokiej prężności par,
- instalacje absorpcji na węglu aktywnym wydechów zbiorników ze stałym dachem (benzenu),
- instalacje wymrażania par z wydechów zbiorników rozpuszczalników instalacji Polipropylenu I i II,
- spalanie uciążliwych osadów, piece fluidalne oczyszczalni ścieków.

Licznie reprezentowane na terenie kombinatu technologie nie dają efektu w znaczeniu odwołania zakładu z powodów:

- część z w/w instalacji jest dopiero w budowie,
- część z w/w instalacji ma charakter urządzeń doświadczalnych,
- część z w/w instalacji o znaczeniu w skali technicznej sprawdzonej dobrze w praktyce, wymaga dopiero przeniesienia na inne instalacje i wytwórnie kombinatu.

Hierarchicznie ułożone potrzeby kombinatu w zakresie zmniejszenia uciążliwości przedstawiają się następująco:

- pełna hermetyzacja procesu wytwarzania asfaltów do bębnow, nalewaków autocystronowych asfaltów i nalewaków kolejowych, spalanie zebranych odgazów, stworzenie 100% rezerwy w możliwościach spalania odgazów,
- likwidacja odgazów ze smoczków parowych DRW, spalanie zebranych odgazów,
- likwidacja obiegów zaolejonych DRW I i II, wprowadzenie chłodnic przeponowych w miejsce kondensatorów barometrycznych,
- wydzielanie i zebranie strumieni ścieków procesowych zawierających siarkowodór i merkaptany, to jest ścieków z DRW, Kramingu Katalicznego, Reformingów, Hydroodsiarczania olejów napędowych, Clausa, poddanie ich „stripingowi” i spalaniu odgazów,
- hermetyzacja separatorów ściekowych, a zwłaszcza zbiorników retencyjnych centralnej oczyszczalni ścieków,
- hermetyzacja procesów załadunku produktów do cystern kolejowych, zebranie odgazów i ich utylizacja w instalacjach absorpcyjnych wraz z katalicznym dopalaniem pozostałości,
- w technologii rafineryjnej wprowadzanie procesów hydorafinacji i uwodornienia, stworzenie 100% rezerw instalacji odzysku siarki.

Ocena stanu obecnego

O stopniu uciążliwości zapachowej kombinatu dla miasta decydują trzy grupy czynników:

- doza zapachowa emisji,
- czynniki meteorologiczne,
- czynniki orograficzne.

Wpływu na czynniki kształtujące pogodę nie mamy, lecz jak wykazują dane dotyczące sił, kierunku i pionowego rozkładu prędkości wiatru z lat 1966—1975 dla Płocka czynniki te są dla miasta korzystne. I tak sumarycznie wiatru z kierunku sektora 320 — 40° o prędkości 1 m/s dla trzech stanów równowagi od obojętnej do bardzo stałej średnio w roku dają 1,87% czasu (164 godziny) ciepłą porą 2,57% (112 godzin) i w sezonie grzewczym 1,25% (55 godzin). Powyższe dane meteorologiczne pozwalają przyjąć dla odorów kryterium oceny stanu zanieczyszczenia powietrza zgodnie z obowiązującymi wytycznymi Ministerstwa Administracji Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska wg pojęcia częstości przekraczania

dopuszczalnych stężeń z graniczną wielkością 0,5⁰%, na jaką może zezwolić Państwowy Inspektor Sanitarny dla terenów chronionych. Częstość te dla zapachów rafineryjno-petrochemicznych w mieście Płocku wynoszą maksymalnie 164 godziny w roku co stanowi 1,87% czasu to jest 3,74 raza ponad dopuszczalne normatywy. W ocenie tej kryje się założenie, że dopuszczalne stężenie substancji w powietrzu powinno być dla substancji o intensywnym zapachu co najmniej równe proponowemu stężeniu wykrywalności węchowej. Dotychczas Główny Inspektor Sanitarny Ministerstwa Zdrowia i Opieki Społecznej nie usankcjonował w wydanych wykazach najwyższych dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym tych założeń. Określone więc na 3,7 raza maksymalne przekroczenie dopuszczalnych normatywów dla zapachów rafineryjnych i petrochemicznych w Płocku traktować należy jako przekroczenie w stosunku do proponowanych w artykule kryteriów nie zaś do obowiązujących normatywów państwowych.

W n i o s k i

1. W ochronie powietrza rejonu Płocka podstawowym problemem jest uciążliwość zapachowa wywołana odorami emitowanymi przez kombinat rafineryjno-petrochemiczny.
2. W ocenie stopnia uciążliwości zapachowej substancji, jej udziału w całkowitym oddziaływaniu kombinatu na otoczenie proponuje stosować dozę zapachową emisji, to jest wielkość stanowiącą sumę ilorazów ilości substancji o silnym zapachu dzielone przez próg percepcji węchowej substancji.
3. Z pomiarów ilości emitowanych substancji o silnym zapachu z terenu płockiego kombinatu oraz analizy udziału tych substancji

w całkowitej uciążliwości wykonanej metodą dozy emisji wynika, że substancją (grupą substancji) o najwyższym udziale są merkaptany. Ich udział wynosi 75% i walkę z uciążliwością zapachową kombinatu należy skierować przeciwko emisji merkaptanów.

4. Najpoważniejszym źródłem emisji merkaptanów są: instalacje oksydacji asfaltów, instalacje destylacji ropy, urządzenia ściekowe wytwórni i instalacji, centralna oczyszczalnia ścieków.
5. Dla zmniejszenia uciążliwości kombinatu wg przyjętych w artykule kryteriów oceny stopnia uciążliwości zapachowej instalacji należy zrealizować zamierzenia w hierarchii potrzeb określonych w tekście.
6. Rezerwy w zakresie możliwości zmniejszenia uciążliwości zapachowej kombinatu kryją się w organizacji służby inspekcyjnej ochrony powietrza zarówno służb własnych jak i organów państwowych. Obecnie jedynie świadomość i dobra wola załogi instalacji decyduje o stopniu wykorzystania możliwości technicznych redukcji ilości zanieczyszczeń emitowanych do powietrza. Stanowiska dwu, trzech inspektorów ochrony powietrza powierzone kompetentnym pracownikom, znającym kombinat i zagadnienia ochrony powietrza w dużym stopniu poprawią istniejącą sytuację.
7. Poważne zaniedbania kryją się w niewykorzystaniu możliwości organizacyjnych w projektowaniu rozbudowy miasta i kombinatu. Koncepcje urbanistyczne nie uwzględniają zagadnień rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w powietrzu i możliwości wentylacyjnych miasta a projektowane nowe instalacje produkcyjne w kombinacie nie są weryfikowane pod kątem zminimalizowania wielkości emisji zanieczyszczeń do powietrza.

PRZYPISY

- 1) A.U. Bransztejn, Wkus i obonianje, M. — L. 1950.
- 2) R.W. Moncrieff, The chemical senses, 3 ed. L. 1967.
- 3) Patrz 1.
- 4) J. Rutkowski, G. Segal, M. Szklarczyk, Odory a ochrona atmosfery, «Ochrona Powietrza» 1974, nr 2.
- 5) A. Pacałowski, Uciążliwe zapachy w otoczeniu zakładów rafineryjno-petrochemicznych, «Aura» 1977, nr 4.
- 6) H.J. Kooster, G.A. Vogt, D.G. Berhazt, Rafinerie oder control. „Hydrocarbon Processing” 1976, nr 4.
- 7) B. Mutko i inni, Oznaczenie stężeń substancji toksycznych w gazach odlotowych z wytwórni asfaltów, «Ochrona Powietrza» 1974, nr 5.
- 8) J. Juda, S. Chruściel, «Ochrona powietrza atmosferycznego», Warszawa 1974.

