

Kompleksowy problem ochrony atmosfery na początku nowego tysiąclecia

*Aleksander Szkarowski
Politechnika Koszalińska*

1. Wstęp

W wielce skomplikowanym problemie destruktywnego wpływu gospodarczej działalności człowieka na środowisko naturalne szczególne zaniepokojenie specjalistów powoduje zanieczyszczenie atmosfery. To spowodowane jest całym szeregiem przyczyn.

Przede wszystkim oddychanie jest najbardziej intensywnym biochemicznym kontaktem człowieka ze środowiskiem. Jest to proces biologicznie ciągły i w najmniejszym stopniu nadający się do zastosowania środków indywidualnej lub grupowej ochrony i kontroli. Całkiem możliwe i technicznie wykonalne jest wyposażenie każdego człowieka w środki oczyszczania wody pitnej. Ale dla wdychanego powietrza analogiczne działania praktycznie nie są możliwe.

Przyjmując, że średnie dobowe zużycie powietrza przez człowieka wynosi 25 m^3 , a wody ok. $3,0 \text{ kg}$, jak też typowe zawartości w wodzie i powietrzu trzech bardzo toksycznych metali (ołowiu, rtęci i kadmu) [1], których emisja za ostatnie pół wieku zwiększyła się o rząd matematyczny, można porównać ilości tych substancji pochłaniane przez nasz organizm wraz z wodą i przy oddychaniu (tabela 1).

Sedno tego porównania jest oczywiste. Spożywanie ekologicznie czystych wód źródłanych lub korzystanie z domowych filtrów do oczyszczania wody stało się powszechną normą, lecz przed porównywalnym strumieniem substancji szkodliwych pochłanianych wraz z powietrzem człowiek jest w istocie rzeczy bezbronny.

Drugi szczegół wyraźnie się uwidocznia, jeśli w ogólnym problemie zanieczyszczenia atmosfery wydzielić zagadnienie ochrony powietrza w miejscach zamieszkania ludzi (przede wszystkim w dużych miastach przemysłowych). Profil miejskiej zabudowy do 50% obniża naturalną wymianę powietrza

w przyziemnej warstwie atmosfery [2, 7]. W aerodynamicznych „cieniach” gęsto zabudowanej części miast, gdzie atmosfera i bez tego nasycona jest toksykantami, zachodzi zastawanie się zanieczyszczonego powietrza z coraz bardziej niebezpiecznym nagromadzeniem szkodliwych substancji. Jeśli przyjąć, na przykład, zawartość pyłów w atmosferze na powierzchnię oceanu za 1, to nad lądem odpowiedni wskaźnik wyniesie: dla terenów rolniczych – 10, dla małych miast – 35, dla dużych miast – 150 i więcej. Podobny stosunek charakterystyczny jest dla większości szkodliwych substancji [3].

Tabela 1. Porównanie ilości niektórych substancji toksycznych wchłanianych do organizmu człowieka wraz z wodą pitną i przy oddychaniu

Table 1. Comparison of some toxicants quantity absorbed by human organism with drinking water and during respiration

Substancja toksyczna	Stężenie		Ilość trafiająca do organizmu ($\mu\text{g}/\text{doba}$)	
	w wodzie ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	w powietrzu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	z wodą	z powietrzem
Ołów	1,0	0,2	0,3	5,0
Rtęć	0,07	0,0016	0,21	0,04
Kadm	0,2	0,025	0,6	0,625

Cechą problemu o charakterze globalnym jest ten fakt, iż atmosfera służy precyzyjnym instrumentem współdziałania promieniowania słonecznego z całą biosferą. Bez przesady można stwierdzić, że życie na Ziemi zaistniało i w procesie ewolucji „dopasowało się” właśnie do takiej atmosfery ze wszystkimi jej składnikami aż do mikro-komponentów. Ewentualny odruch klimatu planety i jej biosfery na trwającą ingerencję w ten cienki mechanizm nie sposób przewidzieć nawet w pierwszym przybliżeniu.

Ochronę atmosfery w gronie ważniejszych problemów ekologicznych wyróżnia również czynny udział procesów atmosferycznych w tak zwanym „wtórnym” zanieczyszczeniu innych elementów środowiska naturalnego. Masy powietrza potrafią w ciągu kilku dni na tysiące kilometrów przemieścić szkodliwe gazy, aerozole, stałe cząstki i adsorbowane na nich substancje. W ten sposób w globalnej skali i w całkiem pomyślnych, pod względem ekologicznym, częściach kuli ziemskiej mogą ulegać zanieczyszczeniu gleby, roślinność, woda w wodowiskach lądowych, morzach i oceanach. Atmosfera może być pośrednim ogniwem przy przeniesieniu pochodnych erozji gleb do oceanu i odwrotnie – wyniesienia soli z powierzchni oceanu na obszary kontynentalne [4, 8].

2. Wstępna analiza

Przy dokonaniu działań skierowanych na ochronę atmosfery najbardziej rozpowszechnionym jest zorganizowane rozwiewanie szkodliwych substancji

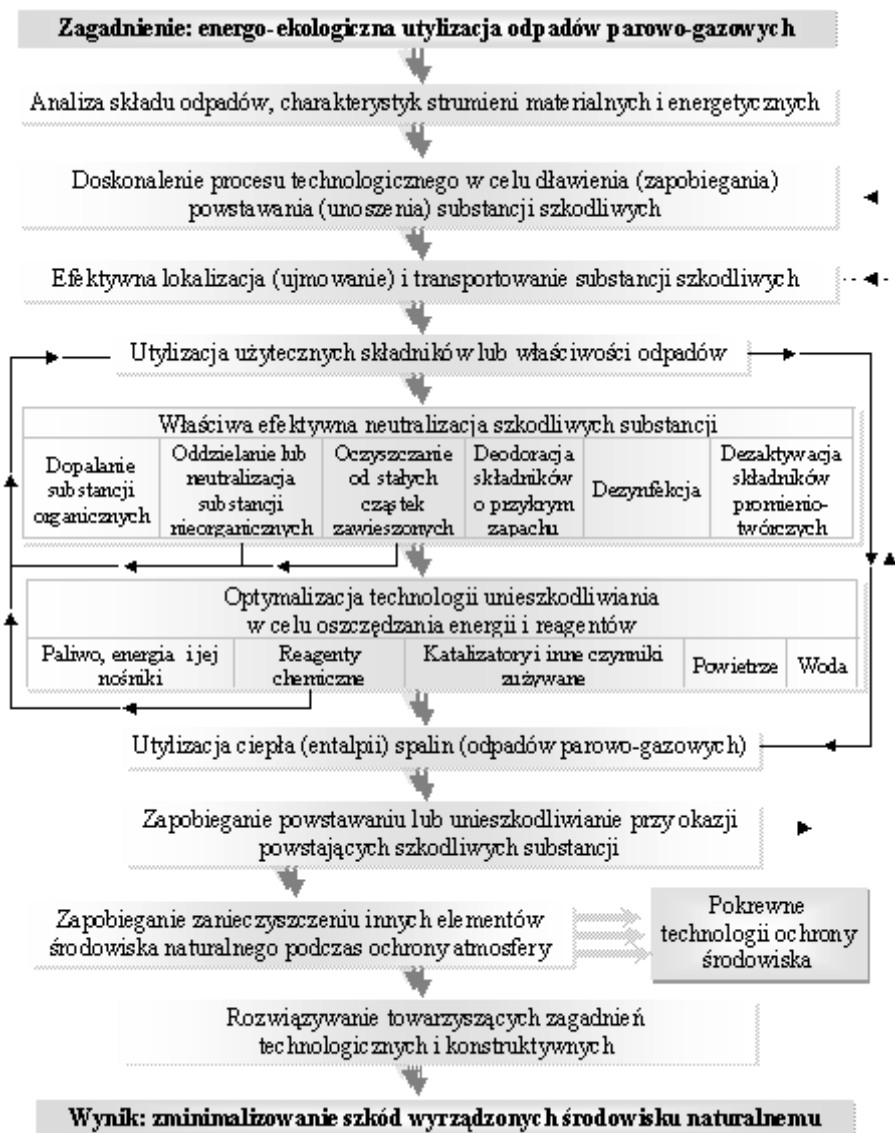
w powietrzu, mające na celu nie przekraczanie dopuszczalnej koncentracji danego związku chemicznego w przyziemnej warstwie atmosfery. W ten sposób końcowe stadium procesu unieszkodliwiania odpadów gazowych („rozpraszanie”, „rozcieńczenie” itp.) przekłada się na samą przyrodę, co w gruncie rzeczy jest wadliwe. W dużych miastach takie podejście jest po prostu niedopuszczalne, ponieważ tylko przenosi zanieczyszczenie na przyległe tereny. Metoda rozpraszania nie zmniejsza ilości postępujących do atmosfery szkodliwych składników, lecz tylko oddala miejsce ich trafienia do warstwy przyziemnej. Wzrost koncentracji obniża się tylko poprzez rozpowszechnianie danej substancji na większej powierzchni. Dodajmy, że faktyczne rozpraszanie nie zawsze odpowiada obliczeniowemu. Przyczynami są już wspomniane zastawanie się powietrza w „cieniach” aerodynamicznych, sorpcja i przenoszenie substancji na naturalnych nośnikach i inne procesy.

Promowana przez autora zasada energo-ekologicznej optymalizacji działalności w zakresie ochrony środowiska [5] wymaga sprecyzowania nawet samego terminu „unieszkodliwianie”. Wiele ze szkodliwych dla natury i człowieka substancji są cennym surowcem chemicznym. Nawet samo powietrze wyciągane przez instalacje wentylacyjne może być skutecznie wykorzystane do spalania paliwa w kotłach i piecach przemysłowych tego samego zakładu, oszczędzając w ten sposób zużycie powietrza z atmosfery. Rozpowszechnionym przypadkiem jest nie tylko użyteczny **składnik**, a też użyteczna **właściwość** odpadów, wśród których najbardziej znanym jest dyspozycyjna entalpia spalin.

Na podstawie energo-ekologicznej analizy tytułowego problemu autor proponuje zamiast niedokładnego i niekonkretnego terminu „unieszkodliwianie” wprowadzić bazową zasadę **kompletnej energo-ekologicznej utylizacji** odpadów. Zasada jest uniwersalna i stosowana może być w każdym dziale dziedziny ochrony środowiska, jednak odpowiednio do kierunku swoich wieloletnich zainteresowań naukowych autor dalej rozpatruje tę zasadę wobec problemu utylizacji odpadów parowo-gazowych.

3. Koncepcja kompletnej energo-ekologicznej utylizacji

Wynikiem dalszych badań na podstawie takiego podejścia stało się opracowanie blokowego schematu problemu **energo-ekologicznej utylizacji** odpadów parowo-gazowych (rysunek 1). Komentarz do schematu logicznie jest przeprowadzić w kolejności jego składowych bloków. Zasadnicze nowe spojrzenie na sprawę w podejściu autorskim wyjaśnia, iż na pierwszych czterech miejscach poprzedzających właściwą efektywną neutralizację szkodliwych składników umieszczone zostały zagadnienia, które z reguły są traktowane jako drugorzędne.



Rys. 1. Schemat blokowy problemu energo-ekologicznej utylizacji odpadów parowo-gazowych przy ochronie atmosfery

Fig. 1. Block diagram of energy-ecological utilization of gaseous emissions problem by atmosphere protection

1. Wstępnym warunkiem skutecznego rozwiązania problemu jest dokładna **analiza** nie tylko **składu odpadów**, a również całej **energo-ekologicznego schematu zakładu**. Już na tym etapie należy przewidywać przyszłe uzgodnienie strumieni odpadów, możliwości urządzeń zużywających paliwo, jak też zdolność odpadów do zapewnienia części bilansu energetycznego zakładu.
2. **Zapobieganie powstawaniu szkodliwych substancji**, jeśli owe nie są czynnikami technologicznymi, a w ostatnim przypadku – niedopuszczenie ich uniesienia ze strumieniem odpadów gazowych jest ważniejszą zasadą energo-ekologicznej optymalizacji. Walka z zanieczyszczeniami, które już trafiły do odpadów ciągnie za sobą konieczność rozwiązywania wszystkich pozostałych zagadnień schematu, dodatkowe zużycie energii i obniżenie ostatecznej ekologiczności technologii.
3. Podobne brzmienie ma zagadnienie **efektywnego ujmowania szkodliwych komponentów** i niedopuszczenie rozcieńczania powietrzem. Maksymalne możliwe stężenie szkodliwych substancji ułatwia i przyspiesza ich następne unieszkodliwianie, minimalizuje zużycie paliwa i energii oraz reagentów chemicznych.
4. **Wykorzystanie użytecznych składników** odpadów (ich ujmowanie i powrót do procesu technologicznego lub przekazywanie na inne potrzeby) logicznie poprzedza proces unieszkodliwiania, gdzie owe składniki zostały by stracone. Optymalny moment wykorzystania użytecznych właściwości odpadów zależy od ich charakteru. Na przykład utylizacja ciepła spalin przy termicznym unieszkodliwianiu idzie w ślad temu procesowi, ponieważ potencjał odpadów przy dopalaniu istotnie wzrasta.
5. Bezpośredni technologiczny blok schematu, czyli **właściwe unieszkodliwianie** – to pole wciąż trwających intensywnych i dogłębnych badań i opracowań mających na celu doskonalenie tego procesu przy różnych możliwych wariantach składu i właściwości odpadów.
6. Zasada kompletnej energo-ekologicznej optymalizacji wyjaśnia istnienie następnego bloku, ściśle powiązanego z poprzednim. Na tym stadium dąży się do **maksymalnego oszczędzania** wszystkich **zasobów energetycznych i materialnych**, co nieuchronnie odbija się na końcowym efekcie technologii utylizacji. Każdy czynnik technologiczny ma swój ekwiwalent energetyczny lub paliwowy. Na przykład dla drewna jest to wartość 0,5 t ropy naftowej, dla stali – 1,2 t, stali nierdzewnej – 1,8 t, dla PCV – 2,0 t itp. [6]. Taki ekwiwalent jest tym większy, im wyższy jest poziom technologii w procesie produkcji danego materiału. Odpowiedni ekwiwalent w zasadzie może być ustalony również dla urządzeń i aparatury.
7. Już wyżej mówiono o ruchomym położeniu bloku **utylizacji ciepła** na schemacie. Bloki czwarty i siódmy mają wspólną cechę – bezpośredni efekt ekonomiczny, ponieważ zdolne są częściowo zastąpić zużycie energii

i materiałów w technologicznym procesie zakładu, a w najbardziej pomyślnym wariantcie – zapewnić samowystarczalność technologii utylizacji.

8. Uboczne **powstawanie innych substancji szkodliwych** często ignorowane przy podejściu nieanalitycznym jest w istocie bardzo skomplikowaną częścią problemu nierzadko prowadzącą do sytuacji sprzecznych i impasowych. Na przykład podwyższenie temperatury przy unieszkodliwianiu termicznym bez wątplenia przyspiesza dopalanie i zwiększa jego efektywność. Jednak w wyższej temperaturze gwałtownie wzrasta intensywność generacji wysokotoksycznych tlenków azotu. Sumaryczny wskaźnik toksyczności odpadów może się okazać nawet wyższy niż przed unieszkodliwianiem. Tu nie może być rekomendacji uniwersalnych, jednak blok ten jest nieodzownym elementem analizy.
9. Podobnie do poprzedniego bloku analizy niewłaściwe oszacowanie **ubocznych efektów** może doprowadzić do ujemnego sumarycznego wyniku zastosowania technologii. Nie wolno ograniczać się rozpatrywaniem rezultatów unieszkodliwiania tylko wobec chronionego elementu środowiska – atmosfery. Nieodwracalne szkody mogą być wyrządzone glebie, zasobom wodnym (zwłaszcza przy tak zwanych „mokrych” sposobach oczyszczania). Jednak blok dziewiąty domyślnie powiązany jest z impasowym dla utylizacji gazowych odpadów blokiem: unieszkodliwianie ścieków lub odpadów stałych odnoszą się do innego rodzaju technologii ochrony środowiska, co ciągnie za sobą nowy łańcuch energo-ekologicznych szkód środowisku i odpowiedniej analizy. Stąd wynika bardzo rygorystyczne wymaganie o niedopuszczeniu ubocznych efektów związanych z powstawaniem ścieków i innych rodzajów odpadów. Bardzo charakterystycznym przykładem są spalarnie odpadów miejskich, które stały się mocniejszym źródłem zanieczyszczenia atmosfery.
10. Zamykający blok schematu to cały **zespół technologicznych i technicznych zagadnień**, których rozwiązywanie potrzebne jest dla osiągnięcia maksymalnie możliwej energo-ekologicznej sprawności technologii. Niedopuszczanie obniżenia wydajności głównej linii technologicznej, optymalne rozmieszczenie urządzeń i przewodów, zminimalizowanie potrzeb energetycznych i zużycia materiałów, uzgodnienie strumieni objętości urządzeń technologicznych i unieszkodliwiających – to tylko ramowa lista zasadniczych zagadnień. Każde z osobna z reguły nie jest skomplikowane. Odróżnienie opisywanego podejścia polega na kompletnej definicji całego zagadnienia i ścisłej kolejności rozwiązywania wszystkich jego składowych z punktu widzenia końcowego efektu.

3. Uwagi końcowe

Efektywne zarządzanie każdym przedsięwzięciem przewiduje optymalne adresowe wykorzystanie inwestycji z maksymalnie osiągalnym wynikiem. W przypadku działalności z zakresu ochrony atmosfery chodzi o maksymalnym efekcie poprawy stanu powietrza w skali terenu rolniczego czy krajobrazowego, obszaru zabudowanego, rejonu lub całego miasta, przy tym bez wyrządzenia uszczerbku **wobec innych elementów środowiska** naturalnego, jakimi są woda, gleby, roślinność itp.

Na podstawie ogólnych zasad optymalizacji działalności w zakresie ochrony środowiska opracowanych przez autora, w przedstawionym artykule sformułowano główne tezy energo-ekologicznej analizy w dziedzinie ochrony atmosfery od zanieczyszczenia odpadami będącymi w fazie parowo-gazowej.

Należy podkreślić, że przedstawiona analiza jest w gruncie rzeczy tylko ogólną **metodologią optymalizacji działalności w zakresie ochrony atmosfery**. Nie dając gotowych rozwiązań w konkretnych technicznych przypadkach, ta analiza, nie mniej, jest ważniejszym narzędziem optymalizacji, ponieważ nie pozwala ona ominąć kluczowe elementy tej analizy, zmusza do zdefiniowania w odpowiednim momencie niezbędnych pytań i sformułowania zagadnień, bez których nie jest możliwy końcowy pozytywny efekt poprawy stanu atmosfery i całego środowiska naturalnego.

Literatura

1. **Savenko V.S.:** *Naturalne i antropogeniczne źródła zanieczyszczenia atmosfery*. Wyd. VINITI. Moskwa 1991.
2. **Szkarowski A.:** *Podwyższenie efektywności ochrony atmosfery przy spalaniu paliwa gazowego i ciekłego*. Rozprawa habilitacyjna. Sankt-Petersburg 1997.
3. **Laughlin B.:** *Don't waste it – exchange it!* Chemtech. Vol. 14. N 2, 1984.
4. **Kondratjev K.Ja., Pozdniakov D.V.:** *Aerozolowe modele atmosfery*. Wyd. „Nauka”. Moskwa 1981.
5. **Szkarowski A.:** *Ocena współczesnych tendencji zanieczyszczenia środowiska naturalnego*. Rocznik Ochrona Środowiska. Tom 1. Koszalin 1999.
6. **Avreh G.L., Vartazarov L.S.:** *Oplata za przebudowę*. Energia. Nr 10. Moskwa 1987.
7. **Pomorska K., Duda A.:** *Porównanie poziomu stężeń tlenków azotu w powietrzu na wybranych skrzyżowaniach ulic miasta Lublina w latach 2004 i 2005*. VIII Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Kompleksowe i szczegółowe problemy inżynierii środowiska”. Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej Nr 23 Seria: Inżynieria Środowiska. Koszalin-Darłówek maj 2007.
8. **Piecuch T., Juraszka B., Dabek L.:** *Spalanie i piroliza odpadów oraz ochrona powietrza przed szkodliwymi składnikami spalin*. Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej. Koszalin 2002.

