

Smog

w środowisku miejskim

mgr inż. IVAN MAKHNIASHVILI
doc. dr hab. ZBIGNIEW MAKLES

Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

W artykule przedstawiono informacje o negatywnych oddziaływaniach przemysłu i transportu na skład powietrza atmosferycznego w miastach oraz o przemianach fizycznych i chemicznych emitowanych zanieczyszczeń tworzących swoisty stan powietrza, zwany smogiem.

Przedstawiono także kierunki działań zmierzających do zminimalizowania lub wyeliminowania procesów towarzyszących tworzeniu się smogu w powietrzu miejskim.

Smog in the atmospheric air in cities

This article discusses information about the negative influence of industry and transport on the composition of the atmospheric air in cities and information about the physical and chemical changes of emitted pollutants that produce smog.

Also discussed are actions aimed at minimizing or eliminating processes related to the formation of smog in the atmospheric air in cities.

Wprowadzenie

Miasto jest swoistym środowiskiem, w którym obok infrastruktury z jej podstawowymi urządzeniami, przedsiębiorstwami, zakładami przemysłowymi i instytucjami usługowymi nieodzownymi do właściwego funkcjonowania produkcyjnych działów gospodarki, występują fragmenty biosfery z wzajemnie przenikającymi się biocenozą i biotopem. W tym systemie żyje

człowiek, którego działalność może to środowisko uczynić dla siebie przyjaznym lub doprowadzić do jego dewastacji, a nawet całkowitego zniszczenia, co jest równoważne zagrożeniu bytu człowieka w tym środowisku.

Pierwsze kroki w strategicznej ochronie środowiska uczynił w 1969 roku Sekretarz Generalny Organizacji Narodów Zjednoczonych U'Thant, który na XXIV sesji Zgromadzenia Ogólnego Narodów Zjednoczonych w swoim

raporcie pt. „Człowiek i jego środowisko” przedstawił zagrożenia stojące przed ludzkością, i wskazał, iż jednym z najważniejszych zagadnień współczesnego człowieka jest zapobieganie zatrutowaniu i zanieczyszczeniu środowiska. Tym faktem zainicjował światową akcję ochrony środowiska [1].

Atmosfera ziemiska, jeden z elementów biotopu, stanowi dla biosfery, w tym żyjącego w niej człowieka, podstawowy składnik życia. Jej jakość w dużym stopniu decyduje o kondycji, samopoczuciu i zdrowiu człowieka. Średni skład chemiczny atmosfery określony jako wzorzec „czystego powietrza”, definiowany obecnością 78,06% obj. azotu, 20,98% obj. tlenu, 0,93% obj. argonu i 0,03% obj. innych gazów wskazuje, że wszelkie odchylenia od tej normy, w zależności od rodzaju i stężenia obcych składników powietrza, uznawanych jako zanieczyszczenia powodują, że takie powietrze staje się bardzo uciążliwe, a niekiedy groźne dla środowiska – tak żywego, jak i nieożywionego.

Skądinąd wiadomo, że dwa główne składniki powietrza – tlen i azot są nieodzowne dla istnienia życia na naszej planecie. Pierwszy z nich pobierany w trakcie oddychania organizmów uczestniczy w przebiegu wielu procesów przemiany materii, natomiast drugi wchodzi w skład życiowo ważnych struktur organizmów – aminokwasów, polipeptydów, białek.

Dobowe zużycie czystego powietrza przez człowieka w zależności od wieku i wysiłku waha się w granicach 9 – 16 kg. W przypadku powietrza zanieczyszczonego ilość ta wzrasta,



a obecne w nim ksenobiotyki są wchłaniane w układzie oddechowym i rozprowadzane krwiobiegiem po całym organizmie.

Smog – swoisty stan atmosfery dużych aglomeracji i okęgów przemysłowych

Atmosfera ziemska jest wielkim reaktorem, w którym pod wpływem promieniowania słonecznego dochodzi do różnych przemian między obecnymi w powietrzu lotnymi zanieczyszczeniami a jego stałymi składnikami oraz tworzącymi się aktywnymi, lecz nietrwałymi rodnikami. Kwanty promieniowania nadfioletowego oraz rodniki są cząstkami inicjującymi i sterującymi przemianami. Oddziałują one na obecne w powietrzu ditlenek siarki, tlenki azotu, tlenek węgla oraz niektóre węglowodory, a także ozon troposferyczny (przygruntowy). Skutkiem złożonych procesów jest tworzenie się swoistego stanu atmosfery, zwanego smogiem, czyli nieprzeniknionej gęstej mgły unoszącej cząsteczki ksenobiotyków. Pojęcie „smog” jest pochodzenia angielskiego [(sm)oke + f(og), dym + mgła]. Występuje on w miastach, w których przemysł metalurgiczny, paliwowo-energetyczny, chemiczny, spożywczy, drzewno-papierniczy i in. skoncentrowane są na małej powierzchni, w zabudowie miejskiej lub na obszarach jego dużej koncentracji. Smog tworzy się również w miastach, w których natężenie ruchu samochodowego jest wyjątkowo duże, a emitowane gazy spalinowe i pyły nie są samoczynnie usuwane przez właściwie zaplanowanie ulic i ciągów przewietrzania. Gromadzeniu się lotnych zanieczyszczeń przemysłowych i spalin samochodowych sprzyja też cisza wietrzna, zwana bezruchem atmosfery.

Fizycznie odróżnia się dwa typy smogu, potocznie zwanych smogiem Los Angeles i smogiem londyńskim, różniących się między sobą składem tworzących je lotnych zanieczyszczeń, mechanizmami powstawania oraz rodzajem czynników inicjujących [3-6].

Smog Los Angeles, zwany też smogiem utleniającym, smogiem fotochemicznym, smogiem letnim lub smogiem suchym powstaje latem, przy temperaturze 24 – 35 °C, dużym nasłonecznieniu, niskiej wilgotności i obecności w powietrzu miejskim dużych stężeń ditlenku azotu, tlenku węgla, węglowodorów oraz ozonu przyziemnego. Wśród związków węgla wymienia się węglowodory alifatyczne od C₂ do C₈, węglowodory aromatyczne, w tym benzen i jego pochodne. Zachodzące wówczas reakcje chemiczne prowadzą do powstawania przeróżnych związków, praktycznie niespotykanych w innych przemianach.

Charakterystycznymi cechami smogu fotochemicznego są jego brunatna barwa

oraz ograniczanie widoczności w granicach kilkuset metrów.

Smog londyński, zwany też smogiem siarkowym, smogiem kwaśnym, smogiem przemysłowym, smogiem zimowym lub smogiem wilgotnym powstaje zazwyczaj w okresie jesienno-zimowym, w warunkach inwersji temperatury powietrza, przy której dolne jego warstwy są chłodniejsze od górnych, co sprzyja gromadzeniu się tuż przy powierzchni ziemi wielu zanieczyszczeń, w tym ditlenku siarki i tlenków azotu, często chloro- i fluorowodoru. Związki te

przy dużej wilgotności powietrza i temperaturze w granicach od 3 do –5 °C sorbują się na powierzchniach lotnych pyłów i w efekcie katalizacyjnego oddziaływania niektórych metali zawartych w pyłach utleniają się do połączeń tworzących z wodami (śniegiem) opadowymi odpowiednie kwasy – siarkowy(VI) i azotowy(V).

Obecność w powietrzu wymienionych kwasów powoduje znaczne obniżenie pH wody opadowej, a z nią zjawisko kwaśnych deszczów, zanieczyszczanie i zakwaszanie gruntów, otwartych akwenów, wód podpowierzchnio-

Tabela 1

CAŁKOWITA EMISJA DITLENKU SIARKI, DITLENKU AZOTU I PYŁÓW W POLSCE – WEDŁUG ŹRÓDEŁ ZANIECZYSZCZENIA (w tys. ton) [2]

Total emission of sulphur dioxide, nitrogen dioxide and dusts in Poland, and sources of pollution (in thousands of tonnes) [2]

Źródło	Ditlenek siarki				Ditlenek azotu				Pyły			
	1990	1995	2000	2005	1990	1995	2000	2005	1990	1995	2000	2005
Ogółem	3210	2376	1511	1375	1280	122	838	809	1950	1308	464	476
Energetyka zawodowa	1570	1223	805	722	370	377	237	244	570	193	64	51
Energetyka przemysłowa	500	384	265	303	130	111	81	80	–	–	19	19
Technologie przemysłowe	270	200	91	46	200	103	109	53	860	625	72	59
Inne źródła	760	527	309	256	100	115	97	110	520	490	248	287
Transport	110	42	41	48	480	414	314	322	–	–	61	60

Tabela 2

WYKAZ OBOWIĄZUJĄCYCH W POLSCE DOKUMENTÓW PRAWNYCH W SPRAWIE OCHRONY POWIETRZA [7]

A list of obligatory regulations on air protection in Poland [7]

Tytuł dokumentu	Źródło
Ustawa o ochronie przyrody	DzU nr 92, poz. 880
Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 – Prawo ochrony środowiska	DzU nr 62, poz. 627 ze zm.
Ustawa z dnia 3 października 2003 r. o zmianie ustawy – Prawo ochrony środowiska i niektórych ustaw	DzU nr 190, poz. 1865
Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 12 stycznia 2006 r. w sprawie sposobu monitorowania wielkości emisji substancji objętych wspólnym systemem handlu uprawnieniami do emisji	DzU nr 16, poz. 124
Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2004 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji	DzU nr 283, poz. 2842
Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 kwietnia 2006 r. w sprawie zakresu i sposobu przekazywania informacji dotyczących zanieczyszczenia powietrza	DzU nr 63, poz. 445
Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 czerwca 2002 r. w sprawie oceny poziomów substancji w powietrzu	DzU nr 87, poz. 798
Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 czerwca 2002 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów niektórych substancji w powietrzu, alarmowych poziomów niektórych substancji w powietrzu oraz marginesów tolerancji dla dopuszczalnych poziomów niektórych substancji	DzU nr 87, poz. 796
Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 lipca 2002 r. w sprawie szczególnych wymagań, jakim powinny odpowiadać programy ochrony powietrza	DzU nr 115, poz. 1003
Oświadczenie Rządowe z dnia 18 listopada 1988 r. w sprawie przystąpienia przez Polską Rzeczpospolitą Ludową do Protokołu do Konwencji z 1979 r. w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości, dotyczącego długofalowego finansowania wspólnego programu monitoringu i oceny przenoszenia zanieczyszczeń powietrza na dalekie odległości w Europie (EMEP), sporządzonego w Genewie dnia 28 września 1984 r.	DzU nr 40, poz. 314
Oświadczenie Rządowe z dnia 18 października 1985 r. w sprawie ratyfikacji przez Polską Rzeczpospolitą Ludową Konwencji w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości, sporządzonej w Genewie dnia 13 listopada 1979 r.	DzU nr 60, poz. 312

Tabela 3

DOPUSZCZALNE POZIOMY NIEKTÓRYCH SUBSTANCJI W POWIETRZU NA TERENIE KRAJU, UCZESTNICZĄCE W TWORZENIU SMOGU

Admissible levels of selected airborne substances – in Poland – which take part in the formation of smog

Nazwa substancji	Okres uśredniania wyników	Dopuszczalny poziom substancji [µg/m³]	Dopuszczalna częstość przekroczenia dopuszczalnego poziomu w roku	Marginesy tolerancji % [µg/m³]									
				w latach									
				2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	od 2010	
Ditlenek azotu	1 godzina	200	18 razy	40/80	35/70	30/60	25/50	20/40	15/30	10/20	5/10	0	
	1 rok	40	–	40/16	35/14	30/12	25/10	20/8	15/6	10/4	5/2	0	
Tlenki azotu	1 rok	30	–	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ditlenek siarki	1 godzina	350	24 razy	25,8/90	17,2/60	8,6/30	0	0	0	0	0	0	
	24 godz.	125	3 razy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1 rok	20	–	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ozon	8 godz.	120	25 dni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	okres weget.	24000 [µg/m³]/h	–	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pył zawieszony < 10 µm	24 godz.	50	35 razy	30/15	20/10	10/5	0	0	0	0	0	0	
	1 rok	40	–	12/4,8	8/3,2	4/1,6	0	0	0	0	0	0	
Tlenek węgla	8 godz.	10000	–	60/6000	40/4000	20/2000	0	0	0	0	0	0	

wych i cieków wodnych. Obniża to znacznie żyzność gleb, powoduje obumieranie flory i fauny lądowej oraz wodnej, jest przyczyną korozji chemicznej wielu elementów wykonanych z marmuru, piaskowca i różnych metali.

Smog siarkowy jest czynnikiem groźnym dla zdrowia człowieka, zwierząt i roślinności. Długotrwałe utrzymywanie się smogu przy niesprzyjających warunkach klimatycznych, zwłaszcza inwersji temperatury, może prowadzić do poważnych zatruc. W 1952 r. w Londynie w wyniku działania smogu w ciągu kilku dni zmarło ok. 4000 osób, głównie z przewlekłymi chorobami układu oddechowego i krążenia.

Smog londyński charakteryzuje się dużą gęstością ograniczającą widoczność nawet do kilkunastu metrów oraz wysoką korozyjnością w odniesieniu do środowiska.

Tabela 4

ALARMOWE POZIOMY GŁÓWNYCH SUBSTANCJI, DLA KTÓRYCH UŚREDNIA SIĘ WYNIKI POMIARÓW

Emergency levels of the main substances for which measurement results are averaged

Nazwa substancji	Okres uśredniania wyników pomiarów	Alarmowy poziom substancji w powietrzu [µg/m³]
Ditlenek azotu	godzina	400
Ditlenek siarki	godzina	500
Ozon	godzina	240

Głównymi źródłami emisji gazów i pyłów w Polsce są procesy spalania paliw w przemyśle energetycznym, energetyce przemysłowej oraz technologii przemysłowe, transport i inne działy gospodarki. Przejrzysty rozkład ich stężeń na terenie kraju jest bardzo zróżnicowany. W tabeli 1. (str. 21.) zestawiono emisję gazów i pyłów w Polsce według źródeł zanieczyszczenia i lat [2].

Gwałtowny spadek wielkości emisji gazów smogowych w Polsce na przestrzeni lat, to skutek redukcji wielu zakładów przemysłowych, wykorzystywanie czystszych paliw oraz wprowadzanie nowych technologii produkcji.

W Polsce, do miast, w których tworzy się smog zaliczyć można m.in. Kraków, Wrocław, a także Górnośląski Okręg Przemysłowy. Gromadzeniu się smogu sprzyja również umiejscowienie skupisk ludzkich w nieckach terenowych i występowanie emisji gazów z dużej liczby niskich, rozproszonych źródeł emisji – kominów domostw lub kotłowni opalanych węglem w sezonie grzewczym, na skutek słabego rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powodowanych słabą dynamiką ruchów powietrza.

Unormowania prawne

Proces ochrony środowiska zapoczątkowany w 1969 r. wspomnianym na wstępie raportem Sekretarza Generalnego ONZ

U'Thanta „Człowiek i jego środowisko” znalazł odbicie w dalszych działaniach różnych organizacji występujących pod egidą ONZ i poza nią. Powstające międzynarodowe prawo dotyczące zanieczyszczeń i ochrony atmosfery w postaci konwencji, programów, protokołów wskazywało państwom kierunki działań w tym zakresie. Zgodnie z nim każdy kraj powinien prowadzić działalność proekologiczną na własnym terenie, a przez to nie szkodzić środowisku w innych krajach.

Już w 1972 r. na Konferencji Sztokholmskiej powołano do życia agendę ONZ pod nazwą Program Narodów Zjednoczonych ds. Ochrony Środowiska (UNEP – United Nations Environmental Programme), celem którego było opracowanie światowego prawa ochrony przyrody. Inne inicjatywy w tym zakresie to konferencja Komisji Ekonomicznej ONZ dla Europy w Genewie w 1979 r. (UNECE – United Nations Economic Commission for Europe), która wprowadziła Konwencję, zwaną Genewską, w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości. W 1985 r. w Helsinkach członkowie UNECE przyjęli deklarację o zmniejszeniu do 1993 r. emisji ditlenku siarki o 30% względem poziomu emisji z roku 1980 (I Protokół Siarkowy). Kolejnymi krokami w tym zakresie były – II Protokół Siarkowy do Konwencji z 1979 r. podpisany w Oslo 1994 r., dotyczący związków zakwaszających środowisko, a więc obniżenie do 2000 r. emisji związków siarki o 70 – 80% w odniesieniu do poziomu emisji z 1980 r., Konwencja Wiedeńska o ochronie warstwy ozonowej z 1985 r., Protokół azotowy wypracowany w Sofii w 1988 r. w sprawie zmniejszenia emisji tlenków azotu i ich strumieni transgranicznych, wreszcie Konferencja w Rio de Janeiro z 1992 r., która wypracowała Konwencję klimatyczną dotyczącą planu powstrzymania degradacji środowiska i zróżnicowanego rozwoju, Protokół z Kyoto z 1997 r. w sprawie walki z globalnym ociepleniem i zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych oraz kolejny Protokół do Konwencji Genewskiej podpisany w Göteborgu w 1999 r. dotyczący przeciwdziałania zakwaszaniu i eutrofizacji środowiska oraz generowaniu ozonu przygruntowego poprzez zmniejszenie emisji czterech gazowych zanieczyszczeń – SO₂, NO_x, LZO i NH₃ do wyznaczonego poziomu emisji dla poszczególnych krajów Unii Europejskiej, do roku 2010 [7, 8].

Krajowe uregulowania prawne w sprawie ochrony powietrza to ustawy i rozporządzenia wykonawcze, których wykaz podano w tabeli 2. (str. 21.). Dopuszczalne poziomy niektórych substancji w powietrzu dla terenu kraju, uczestniczące w tworzeniu smogu oraz alarmowe poziomy głównych substancji, dla których uśrednia się wyniki pomiarów, przedstawiono w tabelach 3. i 4. [9].

Skutki zdrowotne oddziaływania smogu

Smog pod względem ilościowej zawartości związków chemicznych nie jest zdefiniowanym stanem atmosfery. Jego skład ulega ustawicznym przemianom, determinowanym ruchami powietrza, wielkością emisji zanieczyszczeń, a także intensywnością przemian chemicznych zachodzących w fazie gaz-woda-pył oraz panującymi warunkami meteorologicznymi. Stąd też wynikają trudności w ocenie zagrożeń jakie towarzyszą jego obecności w powietrzu. Towarzyszące smogowi zagrożenia odnosi się zazwyczaj do głównych jego składników [10,11]. Natomiast niektóre jego składniki, jak np. peroksyacetyloazotan powodują łzawienie oczu (właściwości lakrymogenne), nie są uwzględniane w ogólnej ocenie zagrożeń. Ochrona przed smogiem, zalecana mieszkańcom aglomeracji miejsko-przemysłowych ogranicza się do minimalnego w czasie kontaktu (pozostawanie w uszczelnionych mieszkaniach), stosowania wypróbowanych form filtrowentylacji pomieszczeń lub używania indywidualnych środków ochrony dróg oddechowych.

Główne składniki smogu i ich oddziaływanie toksyczne na człowieka [11]

Ditlenek azotu – NO₂ (CAS 10102-44-0)

Objawy zatrucia ostrego przy małych stężeniach, nieco przekraczających 1,5 mg/m³, może wywołać kaszel, podrażnienie błony śluzowej nosa. W dużych stężeniach wywołuje kaszel, ból gardła, ból błony śluzowej nosa i oczu, spadek ciśnienia tętniczego, zawroty głowy, zwiększenie poziomu methemoglobiny we krwi, a przy dłuższej ekspozycji, po kilku do kilkudziesięciu godzinach, występuje duszność i obrzęk płuc. Objawy zatrucia przewlekłego charakteryzują się stanami zapalnymi dróg oddechowych z kaszlem i bólami głowy.

Ditlenek siarki – SO₂ (CAS 7446-09-5)

Objawy zatrucia ostrego gazowym ditlenkiem siarki i kwaśnym aerozolem w stężeniu nieznacznie przekraczającym wartości dopuszczalne (powyżej progu węchowego) wywołuje łzawienie oczu, kaszel. U osób z nadreaktywnością oskrzeli lub z astmą oskrzelową skurcz oskrzeli (napad astmy) może być wywołany wdychaniem aerozolu o stężeniu ok. 1 mg/m³. Objawom zatrucia przewlekłego towarzyszy zapalenie nosogardzieli, upośledzenie węchu, przewlekłe zapalenie oskrzeli.

Ozon – O₃ (CAS 10028-15-6)

Działa przez drogi oddechowe. Objawom zatrucia ostrego przy stężeniach ok. 2 mg/m³ mogą towarzyszyć bóle głowy, bóle i łzawienie oczu, kaszel, kichanie, uczucie suchości nosogardzieli. Po przerwaniu narażenia objawy te ustępują bez następstw. W większych stężeniach rozwija się duszność, silne łzawienie oczu, zaburzenia widzenia, ból i zawroty głowy, dezorientacja,

przyspieszenie lub zwolnienie oddechu, spadek ciśnienia tętniczego krwi, zwolnienie czynności serca. Objawy zatrucia przewlekłego to zmniejszenie wydolności wysiłkowej, częste stany zapalne układu oddechowego.

Formaldehyd – HCHO (CAS 50-00-0)

Przy zatruciach ostrych w małych stężeniach, przekraczających 1 mg/m³, wywołuje łzawienie oczu, zaczerwienienie spojówek; w większych stężeniach (ok. 15 mg/m³) – kaszel, ból głowy, uczucie duszności, kołatanie serca. Może wystąpić skurcz oskrzeli. Zatrucie przewlekłe może powodować zapalenie oskrzeli (u osób nadwrażliwych – astmę oskrzelową), świąd skóry i jej podrażnienie oraz wyprysk alergiczny.

Kwas siarkowy(VI) – H₂SO₄ (CAS 7664-93-9)

Objawy zatrucia ostrego wywołane przez mgłę i dymy kwasu manifestują się bólem i łzawieniem oczu, oparzeniem spojówek, rogówki, bólem gardła, kaszlem, odruchowym splotem oddechu i przyspieszeniem oddychania, dusznością, skurczem głośni, obrzękiem krtani, skurczem oskrzeli, obrzękiem płuc. Wprowadzony drogą pokarmową wywołuje oparzenie jamy ustnej, gardła, przełyku, uszkodzenie szkliwa zębów. Zatrucia przewlekłe charakteryzują się zapaleniem spojówek, krwawieniem z nosa, przewlekłym zapaleniem oskrzeli.

Kwas azotowy(V) – HNO₃ (CAS 7697-37-2)

Zatrucia ostre parami kwasu azotowego objawiają się przekrwieniem spojówek, bólem i łzawieniem oczu, podrażnieniem dróg oddechowych, kaszlem, pieczeniem gardła, uczuciem duszności (skurcz głośni, obrzęk krtani, skurcz oskrzeli). Po okresie utajenia (do 48 godzin), może wystąpić toksyczny obrzęk płuc. Skażenie skóry powoduje oparzenie.

Tlenek węgla – CO (CAS 630-08-0)

Tlenek węgla działa na ustrój człowieka silnie toksycznie. Jest gazem duszącym. Wiąże się z hemoglobina krwinek i hamuje oddychanie tkankowe. Wchłania się przez drogi oddechowe.

Kierunki działań w zakresie eliminacji procesów tworzenia się smogu

Ochronę powietrza w świecie, w tym i w Polsce prowadzi się za pomocą odpowiednich instrumentów politycznych i przepisów prawnych oraz działań technicznych, celem których jest zapobieganie, obniżanie lub eliminowanie destruktywnego oddziaływania człowieka na środowisko, w tym na jakość powietrza. Instrumenty te, aby były skuteczne muszą być tworzone zgodnie z zasadami – **przewidywalności, odpowiedzialności** oraz **współpracy**.

Pierwsza z nich polega na wcześniejszym podejmowaniu odpowiednich przedsięwzięć usuwających lub zmniejszających zagrożenia, w tym w odniesieniu do powietrza:

- zapobieganie nadmiernej emisji szkodliwych gazów z procesów technologicznych (usuwanie tlenków siarki, azotu, węgla i pyłów)
- odsiarczanie surowców energetycznych (węgla, ropy, gazu)
- wykorzystanie naturalnych, czystych źródeł energii (słońca, wiatru, białego węgla, wodoru).

Druga związana jest z kosztami ochrony atmosfery, czyli sprawca zanieczyszczenia obciążony jest opłatami adekwatnymi do rodzaju i wielkości strat spowodowanych w środowisku.

Trzecia zaś ukierunkowana jest na współpracę wszystkich, zarówno międzynarodowych jak i krajowych podmiotów w zakresie ochrony atmosfery, w tym:

- wypracowanie odpowiednich wzorców jakościowych dla ochrony powietrza
 - polubowne załatwianie spornych problemów w zakresie czystości powietrza między podmiotami
 - harmonijne łączenie natury z wytworami techniki i cywilizacji.
- Inne kierunki ochrony powietrza przed zanieczyszczeniami tworzącymi smog w aglomeracjach miejsko-przemysłowych to:
- usuwanie uciążliwych gałęzi przemysłu poza obręb miast
 - otaczanie zakładów przemysłowych otulinami leśno-parkowymi
 - likwidacja lokalnych kociołni opalanych węglem
 - wykorzystywanie paliw ekologicznie „czystych”
 - eliminacja z użytkowania pojazdów samochodowych nie spełniających norm w zakresie emisji spalin.
- Wszystkie wymienione elementy polityki proekologicznej są skuteczne dopiero w momencie ich uwzględnienia w obowiązujących przepisach prawnych oraz pod warunkiem ich właściwego i bezwzględnie egzekwowania przez odpowiedzialne służby państwowe i lokalne.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Raport U'Thanta *Człowiek i jego środowisko*. XXIV sesja ONZ, Nowy Jork 1969
- [2] *Rocznik statystyczny RP 2005 r.* GUS, Rok LXV, Warszawa 2005
- [3] McQuarrie D.A., Rock P.A. *General Chemistry*. III Ed. W. H. Freeman Co., New York 1987
- [4] Petrucci R.H. *General Chemistry*. V Ed. Macmillan Publ. Co., New York 1989
- [5] Siemiński M. *Środowiskowe zagrożenie zdrowia*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2001
- [6] Zakrzewski S.F. *Podstawy toksykologii środowiska*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1995
- [7] <http://www.isip.sejm.gov.pl>
- [8] <http://www.atmosphere.mpg.de>
- [9] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 czerwca 2002 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów niektórych substancji w powietrzu, alarmowych poziomów niektórych substancji w powietrzu oraz marginesów tolerancji dla dopuszczalnych poziomów niektórych substancji. DzU 2002 nr 87, poz. 796
- [10] *Toksykologia*. Red. W. Seńczuk. Wyd. IV. PZWL, Warszawa 2002
- [11] *Karty charakterystyk substancji niebezpiecznych*. Wersja 5.0. CIOP-PIB, Warszawa 2005