

# Spis treści

Wykaz skrótów .....	11
Wstęp .....	15
<b>1. Atmosfera.....</b>	<b>19</b>
1.1. Charakterystyka atmosfery .....	19
1.2. Wilgotność i skład chemiczny powietrza suchego .....	23
1.3. Charakterystyka troposfery .....	29
1.4. Troposfera jako aerozol .....	32
1.5. Gazy występujące w troposferze .....	34
1.5.1. Azot.....	34
1.5.2. Tlen .....	36
1.5.3. Gazy szlachetne .....	37
1.5.4. Dytlenek węgla.....	38
1.5.5. Metan .....	44
1.5.6. Tlenek azotu(I) .....	49
1.6. Efekt cieplarniany a globalne ocieplenie .....	51
1.7. Możliwości przeciwdziałania globalnemu ociepleniu .....	59
1.8. Klasyfikacja zanieczyszczeń powietrza.....	75
1.9. Rozprzestrzenianie się i przemiany zanieczyszczeń w atmosferze.....	78
1.10. Pochodzenie pierwotnych zanieczyszczeń powietrza i związane z nimi zagrożenia .....	83
1.10.1. Podstawowe wiadomości o procesie spalania.....	83
1.10.2. Podstawowe wiadomości o paliwach.....	87
1.10.2.1. Paliwa stałe .....	88
1.10.2.2. Paliwa ciekłe .....	91
1.10.2.3. Paliwa gazowe .....	102
1.11. Pierwotne zanieczyszczenia powietrza .....	106
1.11.1. Tlenek węgla .....	107
1.11.2. Dytlenek siarki.....	110
1.11.3. Tlenki azotu NO <sub>x</sub> .....	114
1.11.4. Niemetanowe lotne związki organiczne.....	119
1.11.5. Pyły .....	129

1.11.6.	Emisja pierwotnych zanieczyszczeń powietrza w Polsce w 2008 roku.....	138
1.12.	Wtórne zanieczyszczenia powietrza .....	143
1.12.1.	Smog klasyczny .....	143
1.12.2.	Kwaśne deszcze .....	146
1.12.2.1.	Deszcz naturalny .....	146
1.12.2.2.	Powstawanie w atmosferze kwasu siarkowego(VI) .....	147
1.12.2.3.	Powstawanie w atmosferze kwasu azotowego(V) .....	150
1.12.2.4.	Obciążenie powierzchni Polski substancjami wniesionymi przez opady atmosferyczne.....	151
1.12.3.	Fotochemiczne zanieczyszczenia powietrza.....	155
1.12.3.1.	Reakcje fotochemiczne w atmosferze.....	155
1.12.3.2.	Smog fotochemiczny.....	161
1.13.	Ozon w atmosferze.....	164
1.13.1.	Ozon w troposferze .....	164
1.13.2.	Ozon w stratosferze a zagrożenie promieniowaniem UV .....	166
1.13.3.	Reakcje w stratosferze z udziałem ozonu .....	170
1.13.4.	Skutki wprowadzenia do atmosfery freonów i halonów.....	173
1.14.	Powietrze wewnętrzne .....	177
1.14.1.	Wentylacja.....	178
1.14.2.	Klimatyzacja.....	181
1.14.3.	Zagrożenia wynikające z wentylacji i klimatyzacji.....	183
1.14.4.	Syndrom chorego budynku .....	185
1.14.5.	Podstawowe zanieczyszczenia w pomieszczeniach mieszkalnych.....	186
	Literatura .....	189
<b>2.</b>	<b>Litosfera.....</b>	<b>192</b>
2.1.	Powstawanie i skład litosfery .....	192
2.1.1.	Procesy glebotwórcze .....	196
2.1.2.	Profil glebowy.....	198
2.2.	Budowa gleby.....	201
2.2.1.	Faza stała .....	201
2.2.1.1.	Składniki nieorganiczne.....	202

2.2.1.2.	Składniki organiczne .....	203
2.2.2.	Faza ciekła.....	206
2.2.3.	Faza gazowa.....	207
2.3.	Właściwości fizyczne gleby.....	208
2.4.	Właściwości chemiczne gleby.....	211
2.4.1.	Właściwości sorpcyjne .....	211
2.4.2.	Odczyn i kwasowość.....	215
2.4.3.	Pojemność buforowa .....	218
2.5.	Problemy związane z zakwaszaniem gleb.....	220
2.6.	Charakterystyka i stan gleb ornych w Polsce.....	223
2.7.	Składniki troficzne – znaczenie i formy występowania .....	228
2.7.1.	Makroskładniki.....	231
2.7.1.1.	Azot .....	231
2.7.1.2.	Fosfor .....	234
2.7.1.3.	Potas .....	235
2.7.1.4.	Wapń .....	236
2.7.1.5.	Magnez.....	237
2.7.1.6.	Siarka.....	238
2.7.2.	Mikroskładniki .....	240
2.8.	Nawozy mineralne.....	242
2.8.1.	Rodzaje nawozów mineralnych .....	242
2.8.2.	Ekologiczne skutki stosowania nawozów mineralnych .....	249
2.9.	Degradacja gleb.....	251
2.9.1.	Czynniki powodujące degradację .....	252
2.9.2.	Rodzaje i skutki degradacji .....	255
2.10.	Zanieczyszczenia chemiczne gleb.....	259
2.10.1.	Klasyfikacja zanieczyszczeń .....	260
2.10.2.	Zanieczyszczenia nieorganiczne.....	262
2.10.3.	Zanieczyszczenia organiczne.....	263
2.11.	Pestycydy .....	269
2.11.1.	Klasyfikacja pestycydów .....	270
2.11.2.	Ekologiczne skutki stosowania pestycydów .....	276
2.12.	Rekultywacja i remediacja gleb.....	279
2.12.1.	Regulacja odczynu i odsalanie.....	285

2.12.2.	Unieszkodliwianie metali ciężkich .....	285
2.12.3.	Likwidacja zanieczyszczeń organicznych .....	287
	Literatura.....	291

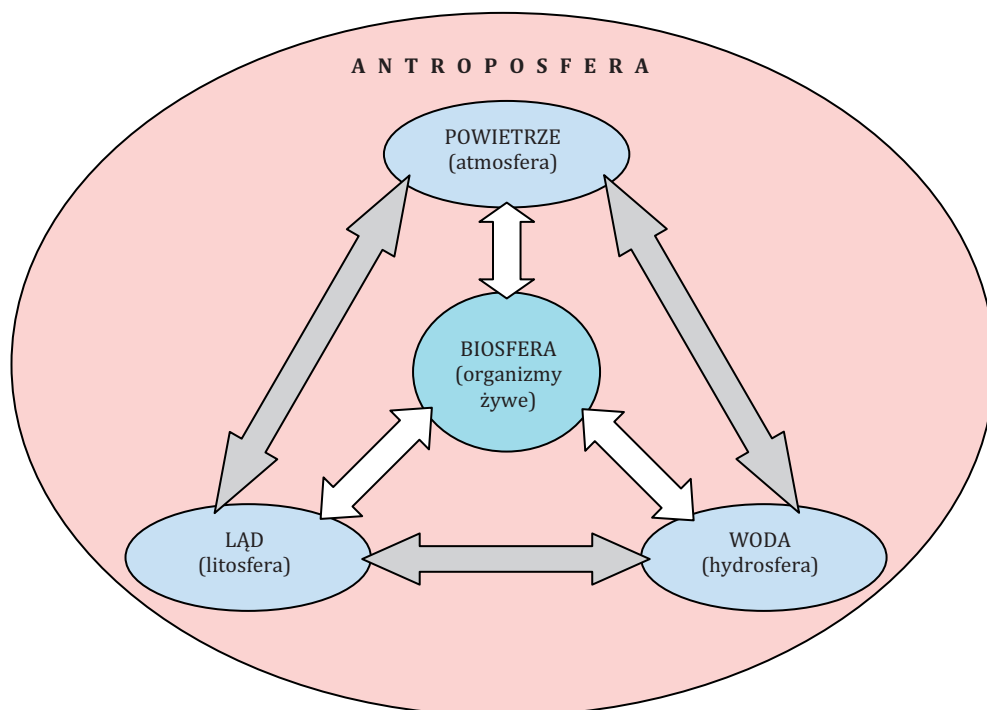
### **3. Hydrosfera..... 294**

3.1.	Rodzaje i skład wód naturalnych .....	294
3.1.1.	Wody atmosferyczne (opadowe) .....	298
3.1.2.	Wody powierzchniowe.....	299
3.1.3.	Wody podziemne .....	302
3.1.3.1.	Wody mineralne .....	303
3.1.3.2.	Wody lecznicze.....	306
3.2.	Klasyfikacja wód naturalnych .....	310
3.2.1.	Klasy jakości wód powierzchniowych .....	310
3.2.2.	Klasy jakości wód podziemnych.....	312
3.2.3.	Kategorie wód naturalnych .....	313
3.2.4.	Wskaźniki jakości wód naturalnych .....	313
3.3.	Fizykochemiczne wskaźniki jakości wód naturalnych .....	315
3.3.1.	Wskaźniki charakteryzujące stan fizyczny wód .....	315
3.3.1.1.	Temperatura .....	316
3.3.1.2.	Przezroczystość (mętność).....	319
3.3.1.3.	Barwa .....	321
3.3.1.4.	Wskaźniki określone organoleptycznie.....	321
3.3.2.	Wskaźniki charakteryzujące warunki tlenowe.....	322
3.3.2.1.	Tlen rozpuszczony .....	322
3.3.2.2.	Chemiczne zapotrzebowanie na tlen .....	327
3.3.2.3.	Biochemiczne zapotrzebowanie na tlen .....	329
3.3.2.4.	Ogólny węgiel organiczny .....	331
3.3.3.	Wskaźniki charakteryzujące zakwaszenie.....	332
3.3.3.1.	Odczyn .....	332
3.3.3.2.	Zasadowość i kwasowość .....	334
3.3.3.3.	Ditlenek węgla.....	336
3.3.4.	Wskaźniki charakteryzujące zasolenie .....	340
3.3.4.1.	Przewodność elektrolityczna (konduktancja) .....	340
3.3.4.2.	Zawiesina ogólna i zawartość substancji rozpuszczonych .....	342

3.3.4.3.	Chlorki .....	344
3.3.4.4.	Siarka i jej związki .....	345
3.3.4.5.	Twardość wody .....	348
3.3.5.	Wskaźniki charakteryzujące warunki biogenne .....	351
3.3.5.1.	Azot i jego związki .....	352
3.3.5.2.	Fosfor i jego związki .....	356
3.4.	Chemiczne wskaźniki jakości wód naturalnych .....	359
3.4.1.	Pochodzenie zanieczyszczeń chemicznych wody .....	359
3.4.2.	Domieszki i zanieczyszczenia organiczne .....	363
3.4.2.1.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne .....	365
3.4.2.2.	Chlorowane związki organiczne .....	366
3.4.2.3.	Pestycydy .....	368
3.4.2.4.	Związki powierzchniowo czynne .....	369
3.4.2.5.	Substancje ropopochodne .....	372
3.4.2.6.	Fenole .....	374
3.4.3.	Domieszki i zanieczyszczenia nieorganiczne .....	375
3.4.3.1.	Sód i potas .....	375
3.4.3.2.	Żelazo i mangan .....	375
3.4.3.3.	Związki krzemu .....	379
3.4.3.4.	Metale ciężkie .....	380
3.4.3.5.	Cyjanki .....	383
3.4.3.6.	Fluorki .....	384
3.4.3.7.	Substancje radioaktywne .....	385
3.5.	Biologiczne wskaźniki jakości wód naturalnych .....	386
3.6.	Woda przeznaczona do spożycia i celów przemysłowych .....	389
	Literatura .....	393
	Indeks rzeczowy .....	397
	Spis rysunków .....	423
	Spis tabel .....	426

## Wstęp

Chemia środowiska jest działem chemii, którego znajomość przybliży wiedzę o otaczającym nas środowisku. W jej ramach omawia się skład i budowę chemiczną głównych składowych środowiska – powietrza, wód i łądu, oraz procesy fizykochemiczne i chemiczne przebiegające w tych obszarach. Te trzy sfery – atmosfera, hydrosfera i geosfera, nie są izolowane – są od siebie ściśle uzależnione, a na ich funkcjonowanie wpływa ponadto biosfera, czyli wszystkie organizmy żyjące na Ziemi. W ramach chemii środowiska omawia się też zmiany zachodzące w otoczeniu wywołane czynnikami o charakterze antropogenicznym. Czynniki te, związane z rozwojem przemysłu, szeroko rozumianej gospodarki, motoryzacji, rolnictwa, a także z funkcjonowaniem dużych skupisk ludzkich wywołują zanieczyszczenie środowiska i różne inne niekorzystne zjawiska. Oddziaływanie i zależność między poszczególnymi sferami środowiska zobrazowano na rys. 1.



Rys. 1. Zależności między poszczególnymi sferami środowiska

Źródło: opracowanie własne.

Na procesy przebiegające w środowisku nie zwraca się uwagi, o ile przebiegają według naturalnego rytmu, a stają się niezmiernie istotne, gdy ten naturalny rytm ulegnie zakłóceniu. Ostatnie lata to właśnie czasy nasilających się problemów środowiskowych. Pojawiły się zagrożenia o charakterze globalnym, dotyczące społeczności całego świata, które to zagrożenia narastały stopniowo, a obecnie ich przewyciężenie wymaga międzynarodowej współpracy i skoordynowanych działań naprawczych. Najważniejsze współczesne problemy środowiskowe o charakterze globalnym to zubożenie warstwy ozonowej i rosnące stężenie gazów cieplarnianych w atmosferze, co skutkuje zagrożeniem dla zdrowia, zmniejszeniem zróżnicowania biologicznego na skutek wyginięcia lub zagrożenia wielu gatunków, zmianami klimatycznymi i groźnymi w skutkach zjawiskami pogodowymi o dużym zasięgu.

Nie mniej ważne są problemy środowiskowe o zasięgu regionalnym. W Polsce jednym z takich problemów jest zanieczyszczenie środowiska wynikające ze spalania paliw węglowych, które to paliwa mają w naszym kraju udział ok. 90% w produkcji energii elektrycznej. Spalanie węgla kamiennego i brunatnego we wszelkich paleniskach obciąża środowisko znacznie bardziej niż spalanie innych typów paliw lub wykorzystanie niekonwencjonalnych źródeł energii. Skutkiem spalania węgla jest duża emisja CO<sub>2</sub> przypadająca na jednostkę wyprodukowanej energii, duże zapylenie powietrza i emisja do atmosfery SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub>, które wywołują kwaśne deszcze i potęgują kwasowość gleby.

Problemy środowiskowe mogą mieć też zasięg lokalny i dotyczyć skupisk ludzkich w dużych miastach, gdzie charakterystycznym zagrożeniem jest tzw. niska emisja, gazy spalinowe z poruszających się pojazdów wywołujące smog fotochemiczny oraz nagromadzenie uciążliwych i niebezpiecznych odpadów. Problemem lokalnym jest deficyt wody do zaopatrzenia ludności oraz zanieczyszczenie i degradacja gleby, z czego mogą wynikać problemy z zapewnieniem pożywienia, pod względem zarówno ilości, jak i jakości. Poznanie problemów środowiskowych jest ważne z dwóch powodów – dzięki temu można im zapobiegać lub ograniczać ich skutki, można również unikać niektórych zagrożeń, a przez to wręcz chronić zdrowie (np. przez unikanie nadmiernej ekspozycji na promieniowanie UV).

W niniejszym podręczniku autorki chciały przedstawić, w sposób jak najbardziej przystępny, najważniejsze problemy związane ze środowiskiem naturalnym, których istotą są procesy chemiczne. Zamiarem było zwrócenie szczególnej uwagi na problemy środowiskowe charakterystyczne dla naszego kraju. Podręcznik ma zaznajomić czytelnika z podstawowymi pojęciami i terminologią stosowaną w obszarze wiedzy nazywanym chemią środowiska, z budową chemiczną i funkcjami poszczególnych sfer środowiska naturalnego, a przede wszystkim z problemami środowiskowymi wynikającymi z działalności antropogenicznej. Na procesy antropogeniczne mamy wpływ największy, możemy je kontrolować, ograniczać, modyfikować, a także wprowadzać nowe technologie

mniej obciążające środowisko. Ten ostatni kierunek postępowania jest najbardziej korzystny, gdyż lepszą metodą ochrony środowiska jest unikanie i ograniczenie jego zanieczyszczenia niż naprawianie wyrządzonych szkód.

Głównymi odbiorcami niniejszego podręcznika mają być studenci Wydziału Inżynieryjno-Ekonomicznego Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu odbywający studia na kierunku zarządzanie i inżynieria produkcji – specjalność inżynieria ochrony środowiska i inżynieria produktów chemicznych. Autorki niniejszego podręcznika pracują w Katedrze Technologii Chemicznej na tym Wydziale, w której to Katedrze prowadzi się zajęcia z przedmiotów technicznych dla studentów obu specjalności. Studia na tym Wydziale mają charakter interdyscyplinarny – techniczno-ekonomiczny, dlatego też studenci odbywający na nim studia nie mają takiej ilości zajęć z przedmiotów dotyczących szeroko rozumianych zagadnień środowiskowych, jak studenci studiów przyrodniczych i technicznych. Z tego powodu pewne partie materiału w podręczniku nieco wykraczają poza zakres klasycznej chemii środowiska. Wydaje się jednak, że dla wielu czytelników informacje dotyczące np. istoty procesów spalania i budowy chemicznej paliw będą bardzo pomocne w zrozumieniu zróżnicowanego wpływu poszczególnych paliw na środowisko naturalne.

Podręcznik adresowany jest również do wszystkich czytelników mających podstawową wiedzę w zakresie chemii. Jego odbiorcami mogą być studenci studiów przyrodniczych i technicznych, uczniowie i nauczyciele szkół średnich, pracownicy zakładów przemysłowych oraz wszyscy związani zawodowo z ekologią i ochroną środowiska.

Autorki wyrażają podziękowanie Recenzentom – Panu prof. dr. hab. Zbigniewowi Hubickiemu z Wydziału Chemii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie i Panu prof. dr. hab. inż. Stefanowi Zielińskiemu z Wydziału Chemicznego Politechniki Wrocławskiej za cenne uwagi i wskazówki.

Wrocław, 29 września 2011      *Elżbieta Kociołek-Balawejder, Ewa Stanisławska*