

Ekologia

Ekologia

Andrzej Misiólek
Edward Kowal
Aneta Kucińska-Landwójtowicz

Ekologia



Autorzy rozdziałów

Andrzej Misiolek: 1–2, 4

Edward Kowal: 3, 5–6

Aneta Kucińska-Landwójtowicz: 7

Recenzent

Prof. dr hab. inż. Jerzy Duda

Projekt okładki

Paweł Rosolek

Redaktor

Violetta Kownacka

© Copyright by Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A.

Warszawa 2018

ISBN 978-83-208-2337-0

Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A.

ul. Podwale 17 lok. 2, 00-252 Warszawa

tel. +48 22 826 41 82

e-mail: pwe@pwe.com.pl

www.pwe.com.pl

Skład i łamanie: EGRAF, Warszawa

Spis treści

Wstęp	9
Rozdział 1. Procesy zachodzące w biosferze	11
1.1. Historia Ziemi	11
1.2. Podstawowe pojęcia chemii środowiska i ekologii	14
1.3. Wybrane procesy zachodzące w biosferze	19
1.3.1. Składniki środowiska i rozmieszczenie pierwiastków	19
1.3.2. Budowa i skład atmosfery	23
1.3.3. Hydrosfera i jej właściwości	26
1.3.4. Środowisko lądowe i właściwości gleby	34
1.3.5. Cykle obiegu podstawowych pierwiastków występujących w organizmach żywych	39
1.3.6. Fotosynteza i gromadzenie energii słonecznej	44
Pytania kontrolne	49
Rozdział 2. Ochrona litosfery, hydrosfery i atmosfery.	51
2.1. Podstawowe pojęcia i definicje	51
2.2. Zagrożenia i ochrona litosfery	56
2.3. Zagrożenia i ochrona hydrosfery	61
2.4. Zagrożenia i ochrona atmosfery	70
2.5. Współczesne propozycje świata nauki i techniki zmniejszania zagro- żeń środowiska przyrodniczego	78
Pytania kontrolne	84
Rozdział 3. Ochrona przyrody i krajobrazu	85
3.1. Podstawy prawne ochrony przyrody i krajobrazu	85
3.2. Pojęcia przyrody i krajobrazu	89

3.3.	Badania ekologiczno-krajobrazowe	91
3.4.	Znaczenie ekologii w badaniach krajobrazowych	94
3.5.	Ochrona zasobów przyrody	98
3.5.1.	Zasoby przyrody odnawialne i nieodnawialne	98
3.5.2.	Ochrona gatunkowa	99
3.5.3.	Ochrona obszarów	102
3.5.4.	Zachowanie bioróżnorodności	108
3.6.	Edukacja ekologiczna	110
	Pytania kontrolne	111

Rozdział 4. Zanieczyszczenia naturalne i antropogeniczne oraz ich oddziaływanie na środowisko 113

4.1.	Pojęcie zanieczyszczenia	113
4.2.	Źródła zanieczyszczeń	114
4.3.	Sposoby zapobiegania i zmniejszania zanieczyszczeń. Unieszkodliwianie zanieczyszczeń	117
4.4.	Obszary ekologicznego zagrożenia	120
4.5.	Rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń	123
4.6.	Monitoring środowiskowy	125
4.7.	Zdrowotne skutki zanieczyszczenia środowiska	128
4.8.	Trujące działanie substancji chemicznych. Hipotezy progowa i liniowa	130
	Pytania kontrolne	132

Rozdział 5. Gospodarka wodna: ochrona wód powierzchniowych i podziemnych 133

5.1.	Ekosystemy wodne Ziemi	133
5.1.1.	Właściwości i znaczenie wody	133
5.1.2.	Zasoby wody na Ziemi	134
5.1.3.	Wody naturalne	136
5.1.4.	Pojęcie i rodzaje ekosystemów wodnych	137
5.2.	Czynniki wpływające na ekosystemy wodne	139
5.3.	Bioróżnorodność wód	140
5.4.	Źródła zaburzeń i zanieczyszczeń ekosystemów wodnych	146
5.5.	Ochrona ekosystemów wodnych	151
	Pytania kontrolne	157

Rozdział 6. Podstawy prawne związane z ekologią i ochroną środowiska 159

6.1.	Pojęcie środowiska, ekologii i zarządzania środowiskowego	159
6.2.	Prawna ochrona środowiska	169
6.3.	Źródła prawa w ochronie środowiska	175
6.3.1.	Źródła prawa wewnętrznego	175
6.3.2.	Źródła prawa międzynarodowego	177

6.4. Prawna ochrona przyrody	178
6.4.1. Formy ochrony obszarów przyrody	179
6.4.2. Ochrona gatunkowa roślin, zwierząt i grzybów	190
6.4.3. Ochrona siedlisk przyrodniczych i gatunków	192
6.5. Prawna ochrona zwierząt	194
6.5.1. Humanitarna ochrona zwierząt	194
6.5.2. Użytkowa ochrona zwierząt	194
6.5.3. Ochrona ryb	195
6.6. Ochrona zasobów gruntowych i powierzchni Ziemi	196
6.6.1. Zasady ochrony gruntów rolnych i leśnictwa	196
6.6.2. Gospodarka kopalinami i ich ochrona	197
6.7. Ochrona zasobów wodnych	199
6.7.1. Klasyfikacja wód	201
6.7.2. Korzystanie z zasobów wodnych i odprowadzanie ścieków	201
6.8. Zanieczyszczenia i ochrona powietrza atmosferycznego	204
6.9. Rodzaje i gospodarka odpadami	205
6.10. Ochrona środowiska przed hałasem, wibracjami i promieniowaniem	208
6.11. Ochrona środowiska przed zagrożeniami nadzwyczajnymi	209
6.12. Ochrona środowiska w działalności inwestycyjnej	210
6.13. Odpowiedzialność za naruszenie prawa ochrony środowiska	211
Pytania kontrolne	215
Rozdział 7. Polityka ekologiczna państwa	217
7.1. Idea zrównoważonego rozwoju jako podstawa polityki ekologicznej państwa	217
7.2. Cele i zadania polityki ekologicznej	221
7.3. Narzędzia realizacji polityki ekologicznej	225
7.4. Klasyfikacja instrumentów polityki ekologicznej	229
Pytania kontrolne	230
Słownik ważniejszych pojęć	231
Bibliografia	239
Indeks	245

Wstęp

Intensywny rozwój cywilizacji powoduje, że współczesne społeczeństwa nie tylko wpływają na środowisko, ale także mają zdolność jego przekształcania w sposób zarówno pozytywny, jak i negatywny. Wszelkie działania, które są korzystne dla środowiska naturalnego, określa się, w potocznym języku, jako działania ekologiczne. Tego rodzaju aktywność wymaga oczywiście stosownych uregulowań prawnych, ale także wypracowania podstaw aksjologicznych, na których jest kształtowana etyka proekologiczna, zwana też ekoetyką. Akty prawne dotyczące oddziaływania człowieka na środowisko to ustawy krajowe, dyrektywy Unii Europejskiej oraz międzynarodowe umowy. Dotyczą one ochrony zwierząt, zasobów gruntowych i powierzchniowych Ziemi, zasobów wodnych i powietrza atmosferycznego oraz gospodarki odpadami. Te formalnoprawne rozwiązania mają zachęcać do wdrażania zasad zrównoważonego rozwoju jako efektywnej polityki proekologicznej. W książce przedstawiono narzędzia prawne związane z ochroną środowiska i ekologią, cele i zadania, a także instrumenty polityki ekologicznej państwa.

W celu właściwego zobrazowania problemów środowiska w podręczniku zostały wyjaśnione podstawowe pojęcia z zakresu chemii środowiska i ekologii, takie jak: „materia”, „przyroda”, „budowa i skład atmosfery”, „właściwości hydrosfery i gleby”, a także „procesy zachodzące w biosferze — obieg podstawowych pierwiastków występujących w organizmach żywych”, „proces fotosyntezy i gromadzenia energii słonecznej”. Szczególnie istotne wydają się omówienie zagadnień dotyczących zagrożeń środowiska oraz współczesne propozycje świata nauki i techniki na ich zmniejszenie. W rozdziale dotyczącym zagrożeń przedstawiono podstawowe pojęcia i definicje, a więc m.in. „kapitał natury”, „pojemność i potencjał środowiska oraz jego zasoby naturalne”. Ukazane zostały również zagadnienia dotyczące zanieczyszczenia środowiska przez źródła zarówno naturalne, jak i antropogeniczne, a także obszary zagrożeń ekologicznych. W dalszej części zaprezentowano wybrane propozycje zmniejszenia tych zagrożeń, a wśród nich np. zasady „zielonej chemii”, które są zestawem podstawowych wskazań, jak projektować bezpieczne procesy i otrzymywać substancje o jak najniższej szkodliwości. „Zielona chemia”, podobnie jak biotechnologia, stanowi przykład rozwoju i przemian przemysłu chemicznego zgodnego z zasadami zrównoważonego i trwa-

łego rozwoju. Istotnym sposobem ochrony środowiska i zmniejszenia zagrożeń jest właściwa gospodarka zasobami. Dotyczy to zarówno gospodarki wodnej (w tym ochrony wód powierzchniowych i podziemnych, gospodarowania powierzchnią Ziemi), jak i rekultywacji terenów zdegradowanych oraz gospodarki odpadami obejmującej recykling surowcowy i materiałowy. Trzeba wyraźnie zaznaczyć, że wszelkie działania dotyczące ochrony środowiska i eliminacji jego zagrożeń to procesy długotrwałe, wymagające współpracy wielu podmiotów, stanowiące jedno z najistotniejszych zadań naszych czasów, ponieważ to od nich zależy jakość życia współczesnych i przyszłych pokoleń. Na przykład omówione w podręczniku zdrowotne skutki zanieczyszczenia środowiska generują koszty ekonomiczne i społeczne, oddziałując psychicznie i emocjonalnie na chorujące osoby i ich rodziny.

Działania proekologiczne to nie tylko sformalizowana polityka krajowa i unijna, ale także określone działania edukacyjne. Dlatego w książce został poruszony również temat edukacji ekologicznej, którą zdefiniowano jako przekazywanie odpowiedniej wiedzy i kreowanie postaw wobec zagadnień związanych z ochroną przyrody i kształtowaniem środowiska. Ukazano także bariery edukacyjne, a więc główne trudności w przekazywaniu wiedzy ekologicznej, do których należą powszechny brak podstawowej wiedzy ogólnoprzyrodniczej i nieznamość funkcjonowania struktur przyrodniczych oraz konsumpcyjne nastawienie do tworów i zasobów przyrody. Znaczącą rolę w edukacji na rzecz ochrony przyrody i środowiska człowieka odgrywają instytucje państwowe i organizacje społeczne, wspierające i propagujące idee oraz postawy proekologiczne. Przede wszystkim jednak dla dobra społecznego warto, aby edukacja ekologiczna była realizowana w głównej mierze w różnych typach szkolnictwa. Problem ten wymaga szybkiego i jednoznacznego rozstrzygnięcia.

Celem książki jest przekazanie studentom niezbędnej wiedzy oraz wskazanie na potrzeby działań ekologicznych i wdrażania zasad zrównoważonego i trwałego rozwoju we wszystkich aspektach działalności człowieka. Treści zostały przedstawione w sposób typowy dla publikacji podręcznikowych, a więc od informacji podstawowych po bardziej ogólne i skomplikowane. Natomiast pytania kontrolne umieszczone na końcu każdego rozdziału dają możliwość samodzielnego sprawdzenia wiedzy.

Podręcznik został przygotowany z myślą o osobach studiujących na kierunku studiów „zarządzanie i inżynieria produkcji”, dlatego omawiane treści nie pokrywają się z systematycznym wykładem ekologii rozumianej jako nauka o zależnościach decydujących o liczebności i rozmieszczeniu organizmów. Wybrane i omówione zostały te obszary ekologii i nauki o ochronie środowiska, które, zdaniem Autorów, stanowią podstawową wiedzę, jaką powinien mieć każdy inżynier. Podręcznik jest też dobrym źródłem wiedzy dla wszystkich zainteresowanych zagadnieniami związanymi z funkcjonowaniem środowiska i jego ochroną. Przyswojenie i zrozumienie zawartych w nim treści dają możliwość samodzielnego wyciągania wniosków z obserwacji rzeczywistości przyrodniczej oraz wyczulają na dbałość o środowisko naturalne. Przystudiowanie zawartego materiału powinno zachęcić do dalszego zgłębiania ekologii.

Procesy zachodzące w biosferze

1.1. Historia Ziemi

Współczesne teorie kosmologiczne podają, że Wszechświat powstał w jednym momencie w wyniku gigantycznej eksplozji, nazywanej Wielkim Wybuchem. Zdarzenie to miało miejsce 10–20 mld lat temu. Klasyczna teoria Wielkiego Wybuchu zakłada, że istniejąca w kosmosie materia pojawiła się w nim od początku i Wszechświat od chwili powstania rozszerza się. Teoria ta opisuje ewolucję Wszechświata, począwszy od ułamka sekundy po wybuchu aż do chwili obecnej. Nie tłumaczy jednak tego, co działo się w czasie samej eksplozji i bezpośrednio po niej oraz jak i dlaczego do niej doszło.

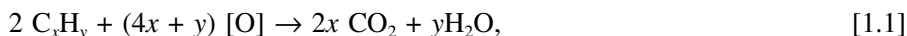
Wiek Ziemi jako osobnego ciała kosmicznego datuje się na 4,6 mld lat. Dzieje Układu Słonecznego, a tym samym kuli ziemskiej, biorą swój początek od potężnego wybuchu masywnej gwiazdy zwanej supernową, która wybuchła kilkaset tysięcy lat przed jego narodzeniem. Powstałe w wyniku wybuchu cząstki utworzyły gazowo-pyłowy obłok, który składał się głównie z atomów wodoru i helu oraz w mniejszej ilości z atomów cięższych pierwiastków, takich jak węgiel, tlen, azot, żelazo, nikiel i inne, które powstały wewnątrz gwiazdy i siłą jej wybuchu zostały rozproszone w przestrzeni kosmicznej. Skomplikowana ewolucja obłoku napędzana siłą grawitacji doprowadziła do utworzenia mgławicy słonecznej o średnicy około 80 mld km. Środkowa część mgławicy gęstniała, ulegając grawitacyjnemu zapadaniu, i stawała się coraz gorętsza, aż w pewnym momencie rozpoczęły się reakcje termojądrowe, przetwarzające wodór w hel, i Słońce zaczęło „płonąć”. Obrzeża mgławicy stawały się coraz bardziej zimne i tu pyłki zbijały się w większe ziarna, które dalej rosły do dużych skalnych brył. Bryły te, wskutek koalescencji, zwiększały się, dalej przekształcając się w planetozymale (ciała o średnicy kilku kilometrów), które poprzez akrecję oraz zderzanie się ze sobą osiągnęły rozmiary planet. Utworzone w ten sposób planety ziemskie (Merkury, Wenus, Ziemia i Mars

— zbudowane ze skał i z metali) były bombardowane gwałtownie przez niezliczone planetoidy.

Zderzenia te dostarczały Ziemi ogromnych ilości energii oraz materii. Kula ziemską była wówczas gorąca, jej powierzchnia była w stanie ciekłym, a atmosfera składała się głównie z wodoru. Przez wiele milionów lat powierzchnia stygła, zestalała się, pękała i kurczyła, powodując coraz większe ciśnienie wewnątrz, skutkiem czego rosła temperatura wnętrza Ziemi. Inną przyczyną wywołującą wzrost temperatury wnętrza planety były rozmaite procesy rozpadu promieniotwórczego niektórych pierwiastków, głównie toru i uranu. W wyniku tych zjawisk temperatura osiągnęła tak wysoki poziom, że wnętrze globu uległo stopieniu. Siła grawitacji powodowała przemieszczanie ciężkiego żelaza i niklu do środka planety, tworząc jądro Ziemi. Ciekłe składniki o mniejszej gęstości (głównie minerały krzemianowe) płynęły w przeciwnym kierunku i utworzyły kulistą powłokę z cienkiej skały, czyli płaszcz Ziemi. Gorące jądro wywoływało prądy konwekcyjne, dzięki którym roztopione skały przebijały się przez najcieńsze miejsca skorupy ziemskiej, tworząc ogromne stożki wulkaniczne, z których wylewały się potoki lawy pokrywającej i wyrównującej powierzchnię planety. Wraz z gorącą lawą z wnętrza Ziemi na powierzchnię wydobywały się wielkie ilości: różnych gazów, pary wodnej, wodoru, azotu, dwutlenku węgla, tlenku węgla, metanu i amoniaku, które utworzyły wokół młodej planety pierwszą atmosferę [Andrews i inni 2000].

Woda jest obecnie substancją najpowszechniej występującą na naszym globie. Pokrywa około 71% powierzchni Ziemi, a jej zasoby są oceniane na 1,4 mld km³. Istnienie tak ogromnych ilości wody przypisuje się trzem źródłom. Woda uwięziona w skałach tworzących płaszcz Ziemi wydostała się na powierzchnię, w postaci pary wodnej, przez kratery wulkanów. We wczesnym okresie historii kuli ziemskiej powstawała również dzięki reakcjom chemicznym zachodzącym na powierzchni globu, takim jak [Lesch, Müller 2004; vanLoon, Duffy 2007]:

- 1) wysokotemperaturowe utlenianie węglowodorów tlenem zawartym w krzemianach i tlenkach metali:



gdzie:

[O] — oznacza tlen związany w krzemianach i tlenkach metali,

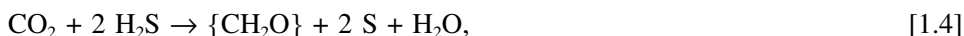
- 2) katalityczna redukcja dwutlenku węgla za pomocą wodoru:



Katalizatorami tych reakcji były tlenki metali występujące na powierzchni pierwotnej Ziemi.

Wyniki najnowszych badań geochemicznych wskazują, że na naszej planecie woda pojawiła się z kosmosu na skutek zderzeń z ogromnymi bryłami lodu. Obecnie szacuje się, że większość wody znajdującej się na kuli ziemskiej nie powstała na niej, ale pochodzi z przestrzeni kosmicznej.

Przez pierwszy miliard lat atmosfera ziemska nie zawierała wolnego tlenu, była bogata w dwutlenek węgla, azot i parę wodną oraz zawierała pewne ilości redukujących gazów, takich jak wodór, metan i amoniak. Tlen występował obficie na Ziemi, ale w formie związanej jako tlenki metali i dwutlenek węgla. Dwutlenek węgla i para wodna mają właściwości gazów cieplarnianych, co przyczyniło się do podgrzewania atmosfery i skorupy ziemskiej, istotnie wpływając na rozwój naszej planety. Dzięki m.in. temu efektowi na Ziemi około 4 mld lat temu pojawiły się pierwsze bardzo prymitywne formy życia. Bytowały one w atmosferze pozbawionej wolnego tlenu. Procesy biogenezy, w których tworzyła się wówczas z prostych związków nieorganicznych materia organiczna, polegały najprawdopodobniej na wykorzystaniu związków siarki pochodzenia wulkanicznego, które będąc reduktorami, przekształcały dwutlenek węgla w substancje organiczne i wodę [Andrews i inni 2000]:



gdzie:

$\{\text{CH}_2\text{O}\}$ — oznacza substancje organiczne.

Inne substancje organiczne (np. metanol i metanal) tworzyły się w reakcjach tlenku węgla z wodorem katalizowanych wysokoenergetycznym promieniowaniem ultrafioletowym (UV), docierającym przez ówczesną atmosferę do powierzchni Ziemi bez przeszkód, oraz tlenkami metali i innymi substancjami mineralnymi [vanLoon, Duffy 2007]:



W wyniku ewolucji zwiększała się złożoność tych organizmów. Ich metabolizm stawał się na tyle zaawansowany, że energia słoneczna zaczęła być wykorzystywana do syntezy materii organicznej. Około 3,5 mld lat temu pojawiły się więc komórki, w których dokonywał się **proces fotosyntezy**, czyli reakcji fotochemicznej, w wyniku czego z dwutlenku węgla i wody pod wpływem światła słonecznego są otrzymywane węglowodany i tlen [Andrews i inni 2000]:



Inną przemianą, w której powstawały tlen i wodór, był **fotokchemiczny rozkład wody** w postaci pary wodnej obficie występującej wówczas w atmosferze. Wysokoenergetyczne promieniowanie UV docierające ze Słońca było zdolne do inicjowania reakcji rozkładu wody na pierwiastki (fotodysocjacji) [Strzałko, Mossor-Pietraszewska 2006]:



gdzie:

($\cdot$) — niesparowany elektron.

Proces ten zamierał wraz ze wzrostem stężenia tlenu w atmosferze, gdyż tlen pochłaniał promieniowanie ultrafioletowe. Ten etap ewolucji atmosfery ziemskiej jest nazywany efektem Ureya [Strzałko, Mossor-Pietraszewska 2006].

Uwalniany w tych procesach tlen był początkowo gwałtownie wiązany z substancjami o właściwościach redukujących, występującymi na lądzie. Wzrost ilości roślin wodnych spowodował, że szybkość jego nagromadzenia przekroczyła zużycie i stężenie tlenu w atmosferze zaczęło rosnąć, by około 2 mld lat temu atmosfera ziemską przyjęła właściwości utleniające. Rosnące stężenie tlenu w atmosferze stanowiło śmiertelne zagrożenie dla ówczesnej biosfery, która w procesach ewolucji musiała przystosować się do tych zmian. Wytworzył się nowy metabolizm biogeochemiczny, który spowodował różnicowanie form życia na Ziemi. Obecny w atmosferze tlen dwuatomowy (O_2) pozwolił na tworzenie się w reakcji fotochemicznej ozonu (O_3), który stanowi swoisty filtr zatrzymujący wysokoenergetyczne promieniowanie słoneczne, zabójcze dla organizmów. Obecność ozonu sprawiła zatem, że pojawiła się możliwość zaistnienia życia na terenach lądowych i następowało ich powolne kolonizowanie przez organizmy wyższe [Strzałko, Mossor-Pietraszewska 2006].

Teorie powstania Ziemi i istnienia na niej życia wywołały w ostatnich dziesięcioleciach ożywioną dyskusję filozoficzną. Zgodnie bowiem z tzw. teorią Gai, wysuniętą przez J. Lovelocka [Lovelock 2003], wszystkie ekosystemy występujące na kuli ziemskiej są ze sobą powiązane, od siebie zależne i funkcjonują jako całość związana ze środowiskiem fizycznym, tworząc komfortowe warunki do podtrzymywania i rozwoju życia. Konsekwencją takiego postrzegania Ziemi był dalej idący postulat, że wszystkie organizmy tworzą jedną istotę, której celem jest utrzymywanie samej siebie przy życiu. Wielu uczonych nie zgadza się z tą koncepcją, uznając ją za zbyt mistyczną. Jest ona natomiast bardzo popularna wśród radykalnych grup i organizacji ekologicznych. Niezależnie od uznawania lub negowania teoria Gai wywołała cenną dyskusję na temat roli zarówno organizmów w procesach geochemicznych, jak i oddziaływania powiązanych globalnie ekosystemów na stan równowagi panującej w przyrodzie.

1.2. Podstawowe pojęcia chemii środowiska i ekologii

Studiowanie zagadnień związanych z procesami zachodzącymi w przyrodzie wymaga zdefiniowania podstawowych pojęć w ujęciu nauk przyrodniczych. Jest to o tyle ważne, że terminy te również są definiowane w dziedzinach nauk humanistycz-

nych i społecznych przez inne dyscypliny nauki, np. nauki prawne, socjologię. Znaczenie tych pojęć często różni się istotnie od ich definicji przyrodniczych.

Rozpocznijmy od pojęcia **materii**, które jest absolutnie podstawowe dla nauk zajmujących się przyrodą, takich jak: biologia, geografia, chemia, fizyka, astronomia, antropologia i wiele innych. Mimo iż ma ono poważne znaczenie w nauce, jest jednym z podstawowych pojęć filozoficznych. W tym ujęciu materia nie jest terminem ani teoretycznym, ani obserwacyjnym i nie ma również definicji operacyjnej. Dzieje się tak m.in. za przyczyną szczególnej teorii względności, jeśli bowiem samo pojęcie bycia w spoczynku albo w ruchu jest pozbawione sensu, to pojęcie materii jest niedefiniowalne. Podobnie zasada nieoznaczoności, stanowiąca jedno z podstawowych praw mechaniki kwantowej, wyklucza możliwość istnienia tzw. próżni fizycznej (stanu zawierającego zero cząstek jakiegokolwiek rodzaju), wskazując, iż należy ją uważać za pewną postać materii.

Pojęcie materii rozumiemy więc intuicyjnie jako to wszystko, co można badać metodami fizykalnymi. Jej podstawową cechą jest to, że ma pewną energię. Opierając się na zasadzie równoważności masy i energii, trzeba podkreślić, że ma ona również pewną masę. Takie rozumienie materii będzie wystarczające do dalszych rozważań w tym rozdziale [*Ilustrowana encyklopedia dla wszystkich...* 1987].

Kolejnym pojęciem wymagającym określenia jest **przyroda**. Przez termin ten rozumie się zbiór wszystkich istot, rzeczy, zjawisk i czynników tworzących Ziemię i Wszechświat. W wielu definicjach wyłącza się wytwory pracy ludzkiej, zawężając pojęcie przyrody do rzeczy i zjawisk występujących naturalnie bez udziału działalności człowieka. Można mieć wątpliwości, czy takie wyłączenie ma sens, bo gdzie istnieje różnica między budowlą wodną wybudowaną na rzece przez człowieka a zbudowaną przez bobra? W przypadku obu budowli mamy do czynienia z celowo przekształconymi przez organizmy żywe tworami przyrody. Istota ludzka będąc częścią przyrody, wytwarza rzeczy z surowców, które istnieją w naturze. W tym sensie każda rzecz wytworzona przez człowieka jest częścią przyrody, pozostaje w niej i oddziałuje na inne jej elementy. Badaniem przyrody zajmują się nauki przyrodnicze, takie jak: astronomia, biologia, chemia, fizyka, geografia, geologia, medycyna i wiele innych.

Definiując pojęcie **środowiska**, odwołujemy się do tych samych elementów, które określają przyrodę, tzn. zbioru wszystkich istot, rzeczy, zjawisk i czynników tworzących Ziemię i Wszechświat. Różnica między tymi pojęciami polega na tym, że przyroda istnieje niezależnie od każdego jej pojedynczego elementu, natomiast środowisko stanowi otoczenie konkretnego organizmu żywego. W naukach przyrodniczych mówi się, że środowiskiem organizmu żywego są wszystkie czynniki biotyczne (ożywione) i abiotyczne (nieożywione), które wpływają na jego procesy życiowe i do których musi się przystosować. Często czynniki te ogranicza się do tych, które oddziałują na organizm pozytywnie oraz negatywnie, nie biorąc pod uwagę czynników obojętnych. Takie ograniczenie jest błędne, ponieważ milcząco zakłada się, że nasz stan wiedzy przyrodniczej jest kompletny, że wszystko wiemy o przyrodzie i zachodzących w niej procesach i oddziaływaniach. W rzeczywistości

ludzkość nie potrafi stwierdzić, na jakim stopniu zaawansowania jest nasza wiedza o przyrodzie.

Pojęcie środowiska jest definiowane nie tylko przez nauki przyrodnicze, ale również przez nauki prawne, gdzie ogranicza się je tylko do komponentów związanych bezpośrednio z Ziemią (powietrze, woda, gleba, kopaliny, świat zwierzęcy i roślinny, krajobraz). Prawne definicje środowiska traktują je w sposób autonomiczny, jako zbiór rzeczy i ich wzajemnych oddziaływań, nie wskazując organizmu żywego, dla którego jest otoczeniem. W tym rozdziale pojęcie środowiska będzie stosowane w ujęciu nauk przyrodniczych.

Ekologia jest jedną z subdyscyplin biologii i zajmuje się badaniem wzajemnych zależności między organizmami lub grupami organizmów a środowiskiem ich życia, czyli czynnikami biotycznymi (organizmy żywe) i abiotycznymi (gwiazdy, planety, skały, powietrze, woda), które na nie wpływają lub są przez nie modyfikowane. W obszarze zainteresowania ekologii nie mieszczą się bezpośrednio problemy ochrony przyrody i ochrony środowiska, co w potocznym rozumieniu często bywa utożsamiane. Termin „ekologia” wprowadził do nauki niemiecki biolog i ewolucjonista E. Haeckel w 1869 roku. Pochodzi on od słowa *oecologia* (*oikos* — dom; *logos* — nauka), które oznacza naukę badającą organizmy w miejscu ich życia [Krebs 2011; Strzałko, Mossor-Pietraszewska 2006].

Pojęcie **biosfery** wprowadził w 1875 roku austriacki geolog E. Suess [Krebs 2011; Strzałko, Mossor-Pietraszewska 2006] i oznacza ono geograficzny obszar Ziemi, gdzie można spotkać przejawy życia. Biosfera stanowi zewnętrzną część globu ziemskiego, obejmującą powietrze, wodę i ląd wraz z sumą wszystkich organizmów żywych, ich biomasą i przestrzenią, jaką zajmują. Można więc traktować ją jako otulającą Ziemię cienką organiczną powłokę, która ma kształt kuli pustej w środku. Inne rozumienie biosfery wynika z teorii J. Lovelocka. Gdyby traktować biosferę jako globalny system ekologiczny, to, zgodnie z tą teorią, stanowi ona superorganizm w rodzaju Gai, a organizmy żywe są jego wytworem [Lovelock 2003].

Ekosystem to termin utworzony w 1930 roku przez brytyjskiego ekologa A. Tansleya [Krebs 2011; Strzałko, Mossor-Pietraszewska 2006]. Rozumiany jest on jako układ ekologiczny składający się z biocenozy i jej środowiska, czyli biotopu. W układzie tym oddziałują na siebie żywe organizmy i nieożywiona część środowiska. Ekosystem składa się z czterech części: substancji abiotycznych (materia nieożywiona), producentów (organizmy samożywne, korzystające wyłącznie z abiotycznej części ekosystemu), konsumentów (organizmy cudzożywne — zwierzęta), destruentów (bakterie i grzyby rozkładające materię organiczną). Jako przykłady ekosystemów można wymienić: las, jezioro, łąka, wybrzeże morskie, ocean. Biocenoza to wszystkie rodzaje organizmów żywych (roślin, zwierząt i mikroorganizmów) zamieszkujących jednolity odcinek biosfery, powiązanych ze sobą różnymi zależnościami. W każdej biocenozie istnieją dwie składowe: fitocenoza (rośliny) i zoocenoza (zwierzęta). Biotop to nieożywione elementy ekosystemu (powietrze, woda, skały, podłoże).

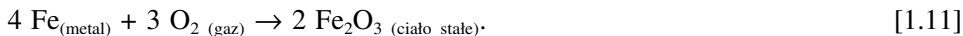
Biogeneza to syntezowanie się prostych związków organicznych z substratów nieorganicznych, zachodzące samoczynnie w określonych warunkach i środowisku chemicznym.

Chemia środowiska jest terminem, który nie jest ściśle zdefiniowany. Można spróbować określić szeroko przedmiot jej zainteresowania jako formy występowania pierwiastków i związków chemicznych obecnych w środowisku (na powierzchni Ziemi oraz w jej pobliżu) oraz ich przemiany. Chemia środowiska jest też związana z: powstawaniem, rozprzestrzenianiem się i wzajemnym oddziaływaniem zanieczyszczeń, oceną ich poziomu i opracowywaniem metod monitoringu. Chemicy zajmujący się chemią środowiska tworzą naukowe podstawy opracowywania technologii służących do ograniczania emisji zanieczyszczeń oraz technologii do usuwania zanieczyszczeń i skutków przez nie wywołanych. Wyniki badań w obszarze chemii środowiska pozwalają również na tworzenie aktów prawnych służących ochronie środowiska (np. normowanie dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń i substancji toksycznych) [Andrews i inni 2000; vanLoon, Duffy 2007; O'Neill 1998].

Kataliza jest procesem polegającym na zmianie szybkości reakcji chemicznej za przyczyną substancji zwanej katalizatorem. Katalizator zmienia szybkość reakcji chemicznej, nie ulegając przy tym żadnym trwałym przemianom. Katalizatory zwiększające szybkość reakcji są nazywane katalizatorami dodatnimi, natomiast katalizatory powodujące spowolnienie reakcji chemicznych — katalizatorami ujemnymi lub, inaczej, inhibitorami. Katalizatory występujące w tej samej fazie co reagenty nazywa się katalizatorami homogenicznymi, natomiast katalizatory występujące w innej fazie niż reagenty — katalizatorami heterogenicznymi. Większość katalizatorów działa specyficznie na jedną reakcję lub ewentualnie grupę podobnych reakcji, które katalizują. Przykładem homogenicznych katalizatorów działających specyficznie w reakcjach biochemicznych są enzymy. Enzymy to cząsteczki białek prostych lub złożonych, powodujące ogromny wzrost szybkości reakcji biochemicznych, nawet rzędu 10^{20} . Aktywność enzymów zależy w dużym stopniu od takich czynników, jak stężenia substratów, temperatura i pH. Produkcja enzymów jest sterowana przez geny komórki.

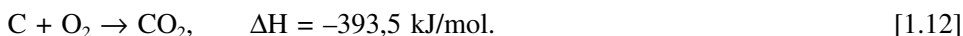
Adsorpcja jest procesem wiązania cząsteczek gazów, cieczy lub ciał stałych (adsorbatów) na powierzchni ciała stałego lub rzadziej cieczy (adsorbenta). Wyróżnia się adsorpcję chemiczną (chemisorpcję) lub adsorpcję fizyczną (fizysorpcję) i zależą one od rodzajów sił występujących między adsorbatem a adsorbentem. W chemisorpcji są to wiązania chemiczne, a w fizysorpcji najczęściej — siły van der Waalsa. Adsorpcja stanowi ważny etap reakcji chemicznych zachodzących na powierzchni, takich jak: korozja, kataliza wielofazowa, przemiany chemiczne i biochemiczne zachodzące w glebie.

Reakcje utleniania i redukcji (redoks) polegają na przeniesieniu elektronów pomiędzy cząsteczkami substratów (utleniacza i reduktora). Procesy utleniania i redukcji muszą zachodzić jednocześnie i w ich trakcie cząsteczki jednego substratu (reduktora) oddają elektrony, drugi substrat (utleniacz) pobiera je. Przykładem takiej reakcji jest utlenianie żelaza [Lautenschläger i inni 2007]:

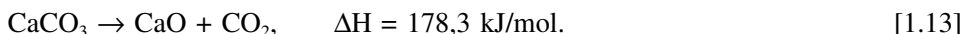


W reakcji tej reduktorem jest żelazo, którego atomy oddają elektrony, a utleniaczem jest tlen, którego atomy przyjmują elektrony. W przemianach chemicznych zachodzących w środowisku spotyka się bardzo często reakcje redoks.

Procesy egzotermiczne są procesami, podczas których następuje uwalnianie ciepła do otoczenia, natomiast **procesy endotermiczne** to takie, gdzie ciepło jest pobierane przez układ z otoczenia. W reakcjach egzotermicznych zmiany entalpii są ujemne ($\Delta H < 0$), a w endotermicznych — dodatnie ($\Delta H > 0$). Przykładem reakcji egzotermicznej jest spalanie węgla w tlenie:



Przykładem reakcji endotermicznej jest termiczny rozkład węglanu wapnia:



W rozważaniach nad opisem stanów energetycznych reagujących układów potrzebne jest zastosowanie trzech termodynamicznych funkcji: entalpii (H), entropii (S) i entalpii swobodnej (G), które są ze sobą powiązane zależnością:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S,$$

gdzie:

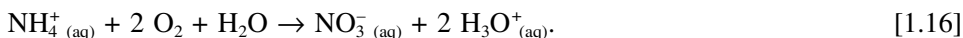
T — temperatura wyrażona w kelwinach.

Funkcje G, H i S są funkcjami stanu, co oznacza, że ich wartości są wyznaczone tylko przez aktualny stan układu, nie zależąc od drogi, po której stan ten został osiągnięty [Lautenschläger i inni 2007].

W środowisku przyrodniczym rozróżnia się dwa typy procesów: abiotyczne i biotyczne. **Reakcje abiotyczne** zachodzą pomiędzy substancjami chemicznymi w czystej postaci (bez obecności drobnoustrojów), w sterylnym środowisku. Przykładem takiej reakcji jest korozja żelaza, zachodząca pod wpływem wody i tlenu, w całkowicie jałowym środowisku, w myśl równań:



Reakcje biotyczne to procesy, które przebiegają z uczestnictwem czynnika biologicznego. Często tym składnikiem biologicznym są mikroorganizmy reprezentujące zarówno florę, jak i faunę. Przykładem takiego procesu, zachodzącego w wodzie oraz glebie, jest nityfikacja, czyli utlenianie kationów amonowych do azotanów (V), zachodzące zgodnie z równaniem:



Reakcja ta zachodzi z mierzalną szybkością, w środowisku naturalnym, za pośrednictwem mikroorganizmów (bakterii z rodzaju *Nitrosomonas* i *Nitrobacter*).

Innym przykładem środowiskowego procesu biotycznego jest fotosynteza, gdzie dwutlenek węgla i węglany są przekształcane w organiczne związki węgla w roślinach zielonych.

1.3. Wybrane procesy zachodzące w biosferze

Jak już wspomniano wcześniej, biosfera oznacza geograficzny obszar Ziemi, gdzie można spotkać przejawy życia. Stanowi ona zewnętrzną część globu ziemskiego, obejmującą powietrze, wodę i ląd wraz z sumą wszystkich organizmów żywych, ich biomasą i przestrzenią, jaką zajmują. W biosferze zachodzą zatem liczne procesy biotyczne i abiotyczne, które są omówione w tym podrozdziale.

1.3.1. Składniki środowiska i rozmieszczenie pierwiastków

Składnikami środowiska są wszystkie jego elementy biotyczne i abiotyczne. W polskim systemie prawnym Ustawa z dnia 27 kwietnia 2007 roku — Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2001 roku, nr 62, poz. 627) wymienia jako składniki środowiska ogół elementów przyrodniczych, w tym przekształconych w wyniku działalności człowieka, a w szczególności: powierzchnię ziemi, kopaliny, wody, powietrze, krajobraz, klimat oraz pozostałe elementy różnorodności biologicznej, a także wzajemne oddziaływania pomiędzy nimi. Tak rozumiane składniki środowiska stanowią ogromny otwarty katalog, który bezustannie rozszerza się wraz z rozwojem wiedzy.

Opisując pierwiastki lub związki chemiczne występujące w środowisku, postępujemy przeważnie w określony sposób. Na wstępie wskazujemy, gdzie w środowisku dana substancja jest obecna i: w jakich ilościach (jakie jest stężenie), jakie są postaci jej występowania oraz czy i w jakim stopniu określona postać zależy od zewnętrznych warunków fizycznych oraz chemicznych (np. odmiany alotropowe pierwiastków), czy substancja ta występuje niezależnie, czy jest związana z istnieniem innych substancji, czy jest rozproszona w środowisku równomiernie, czy są miejsca, gdzie jej stężenia są bardzo duże lub małe, jakie są problemy środowiskowe powodowane przez nią oraz czy jest toksyczna i jak bardzo.

Warto prześledzić występowanie kilku najbardziej rozpowszechnionych pierwiastków w otoczeniu bliższym i dalszym Ziemi. Informacje te są konieczne dla właściwego rozumienia obiegu pierwiastków, zarówno wielkoskalowego, jak i w wewnętrznych strefach kuli ziemskiej (litosferze, hydrosferze, pedosferze, atmosferze i biosferze). Badania nad zmianami składu chemicznego danego środowiska mają sens i są możliwe wówczas, gdy znamy skład chemiczny układu odniesienia (pewnego stanu pierwotnego). Wiedza ta daje możliwość określenia zmian zachodzących w środowisku w wyniku procesów naturalnych i działalności człowieka oraz pozwala na ocenę skutków wywołanych przez te zmiany.

*Dalsza część książki dostępna w wersji
pełnej.*

