

**PRACE NAUKOWO-DYDAKTYCZNE
PAŃSTWOWEJ WYŻSZEJ SZKOŁY ZAWODOWEJ W KROŚNIE**

Zeszyt 11

Ewa Jadwiga Lipińska
PODSTAWY OCHRONY ŚRODOWISKA
od atmosfery do górotworu

Ewa Jadwiga Lipińska

PODSTAWY OCHRONY ŚRODOWISKA
od atmosfery do górotworu

Krosno 2004

Korekta:
Klaudia Socha

Skład komputerowy:
Klaudia Socha

Projekt okładki:
Halina Zaforemska

© Copyright by Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Krośnie

ISBN 83-89295-15-6

Dystrybucja: Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa
ul. Rynek 1, 38-400 Krosno,
tel. (013) 43-755-30, fax (013) 43-755-11

Druk i oprawa: Poligrafia Inspektoratu Towarzystwa Salezjańskiego,
ul. Konfederacka 6, 30-30

Spis treści

OD AUTORKI	9
WSTĘP	15
CZĘŚĆ I EWOLUCYJNE KSZTAŁTOWANIE ŚRODOWISKA DO CZASÓW WSPÓŁCZESNYCH	19
HISTORIA EWOLUCJI ZIEMI	21
1.1. Historia ewolucji – następstwo czasu	21
1.2. Narodziny Wszechświata	22
1.3. Budowa Ziemi	24
1.4. Ewolucja klimatu	26
1.5. Pojawienie się Homo	30
1.6. Epoka lodowcowa a ewolucja człowieka	33
1.7. Czwartorzęd	34
1.8. Ewolucja środowiska kulturowego człowieka	34
1.9. Górnictwo w Polsce	49
HISTORIA EWOLUCJI OCHRONY ŚRODOWISKA GEOLOGICZNEGO	52
2.1. Ewolucja nauk o ekologii i ochronie środowiska	52
2.2. Międzynarodowe inicjatywy w ochronie środowiska	65
Deklaracja z Rio w sprawie środowiska i rozwoju (zasady ogólnych praw i obowiązków)	67
PRAWO OCHRONY ŚRODOWISKA	70
3.1. Rys historyczny prawnej ochrony środowiska w Polsce	70
3.2. Konstytucja RP	75
3.3. Prawo międzynarodowe – ratyfikowane	76
3.4. Polityka ekologiczna państwa	78
ELEMENTY POLSKIEGO USTAWODAWSTWA	82
4.1. <i>Prawo ochrony środowiska</i>	82
4.2. <i>Prawo geologiczne i górnicze</i>	86
4.3. <i>Prawo wodne</i>	89
4.4. <i>Prawo atomowe</i>	91
4.5. Ochrona gruntów rolnych i leśnych	94
4.7. Ochrona przyrody	95
4.8. Ochrona lasów	96

ŚRODOWISKO W NAUCZANIU KOŚCIOŁA RZYMSKOKATOLICKIEGO	99
Encyklika „Redemptor hominis” (1979)	99
Encyklika „Sollicitudo rei socialis” (1987)	99
Encyklika „Centesimus annus” (1991)	100
Encyklika „Evangelium vitae”(1995)	101
Encyklika „Fides et ratio” (1998)	102
INTERAKCJA ŚRODOWISKA GEOLOGICZNEGO NA CZYNNIK DEGRADACJI	104
6.1. Hasła dotyczące podstaw ekologii	104
6.2. Hasła dotyczące podstaw ochrony środowiska	113
6.3. Skażenie czy zanieczyszczenie środowiska?	118
6.4. Ekotoksykologia środowiska	121
6.5. Podstawowe klasy zanieczyszczeń	123
6.6. Zachowanie się zanieczyszczeń w ekosystemach	124
6.7. Odpowiedź ewolucyjna organizmu na zanieczyszczenie	127
6.8. Środowisko a zdrowie człowieka	129
PODSUMOWANIE	132
ZAŁĄCZNIKI	135
CZĘŚĆ II BIOSFERA – MOJE I TWOJE SIEDLISKO	163
ATMOSFERA	165
1.1. Budowa atmosfery	166
1.2. Energia promieniowania słonecznego	169
1.3. Zanieczyszczenia atmosfery	171
1.4. Mechanizm zanieczyszczania atmosfery i losy zanieczyszczeń	172
HYDROSFERA	176
2.1. Cykl hydrologiczny	176
2.2. Zasoby wody w środowisku geologicznym	177
2.3. Wnętrze litosfery jako zbiornik wodonośny	178
2.4. Złoża surowców mineralnych w hydrosferze	183
2.5. Procesy zachodzące w wodach podziemnych	203
2.6. Mineralizacja wód podziemnych	205
2.7. Transport substancji w wodach	208
2.8. Źródła zanieczyszczeń wód	210
LITOSFERA	213
3.1. Gleba	213
3.2. Pierwiastki wchodzące w skład litosfery	220
3.3. Obieg pierwiastków w środowisku geologicznym	221
3.4. Transport substancji szkodliwych w glebie	225
3.5. Czynniki zanieczyszczenia gleb	226
ROLNICZA DZIAŁALNOŚĆ CZŁOWIEKA	228
4.1. Rolnictwo uprzemysłowione	229
4.2. Rolnictwo <i>high-tech-agriculture</i>	230
4.3. Rolnictwo zintegrowane	231
4.4. Rolnictwo ekologiczne	232

4.5. Chemia w rolnictwie	235
4.6. Oddziaływanie rolnictwa na środowisko	238
SUROWCE MINERALNE	243
5.1. Charakterystyka skorupy ziemskiej	243
5.2. Pierwiastki skorupy ziemskiej	246
5.3. Kopaliny podstawowe i pospolite	248
5.4. Złoże kopaliny	248
5.5. Zasoby surowców mineralnych	251
5.6. Projekt prac geologicznych	252
5.7. Poszukiwanie złóż	252
5.8. Dokumentacja geologiczna	253
5.9. Kryteria rozpoznania złoża	256
5.10. Podział zasobów złóż kopalin	256
5.11. Rejestr kopalin	259
5.12. Gospodarka złożem	260
5.13. Gospodarka urobkiem górniczym	261
5.14. Gospodarka surowcami mineralnymi	261
5.15. Podział kopalin	262
5.16. Ochrona zasobów złóż kopalin	263
SKRÓTY (najczęściej spotykane w literaturze przedmiotu)	267
CZĘŚĆ III GÓRNICTWO JAKO ELEMENT ANTROPOPRESJI	271
GÓRNICTWO – PODSTAWOWE WIADOMOŚCI	273
1.1. Prace geologiczne i górnicze	274
1.2. Obszar i teren górniczy	275
1.3. Szkoda górnicza	277
1.4. Plany i projekty zagospodarowania złoża	277
1.5. Budowa zakładu górniczego	278
1.6. Plan ruchu zakładu górniczego	278
1.7. Likwidacja zakładu górniczego	279
1.8. Wybieranie kopaliny użytecznej	279
1.9. Zmiana właściwości fizyko-mechanicznych skał na przykładzie wyrobniska górniczego	280
1.10. Podział skał w zależności od własności mechanicznych	287
1.11. Wpływ działalności górniczej na procesy fizyczne zachodzące w górotworze	288
1.12. Zmiany wywołane wydobywaniem surowców mineralnych	291
1.13. Wody kopalniane	292
1.14. Ochrona środowiska przed skutkami górnictwa	294
1.15. Likwidacja kopalni a środowisko	296
1.16. Rekultywacja	298
GÓRNICTWO PODZIEMNE	302
2.1. Rodzaje wyrobisk górniczych	302
2.2. Wpływ robót górniczych na wierzchnie warstwy litosfery	304
2.3. Deformacje ciągłe	305
2.4. Deformacje nieciągłe	306

2.5. Parametry i wskaźniki deformacji terenu	306
2.6. Maksymalne wartości przemieszczeń i odkształceń	308
2.7. Niecki obniżeniowe	310
2.8. Filary ochronne	312
2.9. Front eksploatacyjny	313
2.10. Obudowa kopalniana	315
2.11. Podsadzki górnicze	317
2.12. Wpływy dynamiczne eksploatacji górniczej	321
2.13. Metan w pokładach złóż węgla	325
2.14. Woda w pokładach złóż	328
2.15. Minimalizacja wpływów eksploatacji górniczej	330
2.16. Klasyfikacja terenów górniczych pod zabudowę przestrzenną	333
2.17. Wpływ górnictwa podziemnego na środowisko	335
GÓRNICCTWO ODKRYWKOWE	344
3.1. Charakterystyka kruszyw mineralnych	344
3.2. Surowce do produkcji kruszyw	345
3.3. Podział złóż kruszyw mineralnych	345
3.4. Złoża kruszyw lądowych	346
3.5. Urabianie złoża	348
3.6. Eksploatacja złóż lądowo-wodnych i podwodnych	353
3.7. Wpływ górnictwa odkrywkowego na środowisko	358
GÓRNICCTWO OTWOROWE	361
4.1. Wiercenie otworów wiertniczych	361
4.2. Otworowa eksploatacja złóż kopalin stałych	363
4.3. Otworowa eksploatacja złóż kopalin płynnych	367
4.4. Płuczka wiertnicza	368
4.5. Wpływ górnictwa otworowego na środowisko	370
ZMIANY ANTROPOGENICZNE ŚRODOWISKA	376
5.1. Obieg węgla w biosferze	377
5.2. Kwaśne depozycje	380
5.8. Zapylenie atmosfery	383
5.9. Źródła emisji węglowodorów	384
5.10. Hałas i wibracje	389
5.11. Wypoczynek. Rekreacja. Turystyka	393
MINISŁOWNICZEK	399
LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA	414

OD AUTORKI

„Podstawy ochrony środowiska od atmosfery do górotworu” to tytuł cyklu wykładów o kształtowaniu i ochronie środowiska życia człowieka.

Podręcznik powstał z myślą o studentach Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Krośnie, przede wszystkim dla specjalności Kształtowanie Środowiska. Jeden z tematycznych bloków przedmiotów tych studiów realizuje zagadnienia ochrony i kształtowania środowiska przyrodniczo-geologicznego. Ponieważ jego celem jest przybliżenie tematyki związanej ze stanem środowiska naturalnego i kierunkami jego zagospodarowania, które w istotny sposób (często niekorzystny) wpływają na krajobraz i zdrowie człowieka, może być wykorzystany także przez studentów specjalności pokrewnych, szkoły ponadgimnazjalne i wszystkich zainteresowanych.

Przyjęłam kierunek całościowego ujęcia tematu ochrony środowiska naturalnego, poprzez analizę stanu atmosfery, hydrosfery i litosfery z uwagi na ścisłe korelacje pomiędzy tymi elementami. Przy tak obszernym zagadnieniu i zgromadzonym materiale, a ograniczonej objętości książki, tematy starałam się ująć w sposób syntetyczny w zakresie niezbędnym dla teoretycznego zrozumienia tych relacji i przyswojenia treści. Szczególną uwagę zwróciłam na dobór schematów i tabel, które przedstawiają w sposób poglądowy wybrane tematy. Pomimo to książka Podstawy ochrony środowiska od atmosfery do górotworu stanowi na tyle bogaty materiał, że powinna udzielić czytelnikowi (studentom oraz osobom interesującym się ochroną środowiska) odpowiedzi na pytania: jak rozwijał się świat przed milionami lat? jakie czynniki środowiska wpłynęły na odnalezienie się człowieka w przestrzeni środowiskowej i jak się w niej rozwinął? jak środowisko geologiczne oddziaływało na rozwój człowieka? dlaczego i w jaki sposób człowiek zdominował środowisko swego bytu? jak konsumpcyjne nastawienie człowieka wpłynęło na przekształcenie środowiska naturalnego? czy i jak środowisko geologiczne zareagowało na działalność człowieka? a także wskazać możliwe kierunki poprawy obecnego stanu otoczenia człowieka.

Myślę, że czytelnik będzie mógł odpowiedzieć sobie na pytanie: jaki los czeka następne pokolenia, jeśli człowiek współczesny nie zmieni swej konsumpcyjnej i materialistycznej postawy na postawę duchową związaną z rozwojem zrównoważonym i zintegrowanym? W tym celu cykl wykładów „Podstawy ochrony środowiska od atmosfery do górotworu” został podzielony na tematyczne rozdziały, które środowisko przyrodniczo-geologiczne ujmują jako fizyczny, chemiczny i biologiczny układ dynamiczny.

Aby ułatwić czytelnikowi zrozumienie współzależności pomiędzy wszystkimi elementami środowiska oraz ich symbiozy z człowiekiem uznałam za konieczne przedstawienie zarysu historii powstania Wszechświata, ewolucję życia organicznego, ewolucję praprzodka człowieka, jego rozwój kulturalny, społeczny i gospodarczy – rozdział 1. Z nich wyłania się obraz biernego i czynnego, nasilającego się wpływu na otoczenie, a także jego interakcja, będąca odpowiedzią – często niekorzystną – dla człowieka.

Ponieważ ochrona środowiska geologicznego należy do pierwszoplanowych działań o kosmopolitycznym zasięgu, nie można było pominąć wybitnych przedstawicieli nauki, którzy w przestrzeni czasowego rozwoju cywilizacji istotnie przyczynili się do ukształtowania współczesnej wiedzy o ekologii, środowisku, możliwościach bezpośredniej ochrony środowiska przyrodniczego i wspierania jego samoobrony przed zmianami antropogenicznymi – rozdział 2. Wśród nich z pewnością znajdują się przedstawiciele różnych wyznań, a przykładowe przedstawienie stanowiska kościoła rzymskokatolickiego powinno zachęcić czytelników do poszukiwań zapisów na temat ochrony środowiska w innych wierzeniach – rozdział 5. Pozwoli to zrozumieć, jak ważna jest równowaga pomiędzy człowiekiem i jego otoczeniem, nie tylko natury fizycznej, ale i psychicznej.

By zrozumieć dynamikę środowiska i jego odpowiedź na impuls wysyłany przez różnego rodzaju działalność całej ludzkości należy poznać podstawowe pojęcia z ekologii i ochrony środowiska, które czytelnik znajdzie w rozdziale 6.

Zajmując się ochroną i kształtowaniem środowiska trzeba brać pod uwagę zwyczaje społeczne i panujące prawo. Ogólną charakterystykę prawnej ochrony środowiska czytelnik odnajdzie w rozdziale 3. i 4.

Następne rozdziały kolejno charakteryzują składowe środowiska naturalnego: rozdział 7. – „Atmosfera”; rozdział 8. – „Hydrosfera” i rozdział 9. – „Litosfera”. Prócz charakterystyki zjawisk w nich zachodzących zinterpretowany został transport substancji, w tym zanieczyszczających te środowiska. Rozdziały ilustrują również poszczególne komponenty otoczenia istot żywych i ich wzajemne korelacje.

Jak wskazuje główny tytuł (*Podstawy ochrony środowiska od atmosfery do górotworu*), zagadnienia ochrony środowiska odnoszą się także do powierzchni ziemi i jej wnętrza. Rozdział 11. przybliży więc czytelnikom naturalne skarby skorupy ziemskiej, z których na co dzień korzystają, z reguły nie zastanawiając się nad ich pochodzeniem, przekształceniem i możliwością posiadania w przyszłości.

Oprócz samej jakości środowiska człowiek, jako istota żywa, do przeżycia potrzebuje pokarmu. Jak rozwijała się rolnicza działalność ludzkości na przestrzeni minionych wieków czytelnik znajdzie odpowiedź w pierwszych rozdziałach niniejszej edycji. Jednakże w rozdziale 10. znajdują się informacje, jak rolnicza działalność gospodarcza oddziałuje na środowisko, w którym żyjemy.

Mówiąc o ochronie i kształtowaniu środowiska naturalnego nie można pominąć gospodarczej i przemysłowej działalności górniczej, czyli różnych dróg pozyskiwania surowców mineralnych, na których oparta jest obecnie cała gospodarka krajowa, a także globalna. Kolejne strony nie mają na celu krytyki tego działu gospodarki pod

kątem rezygnacji z działalności górniczej, lecz wskazanie na istotę i konieczność poszukiwania najlepszych rozwiązań techniki, które zminimalizują antropopresję górniczą w środowisku. Termin „technika” obejmuje w tym przypadku zarówno technologię i sposób jej stosowania, jak i metody projektowania, budowy, funkcjonowania, czyli prowadzenia działalności produkcyjnej, a także jej likwidację. Słowo „najlepsza” oznaczać będzie technikę najbardziej efektywną w osiągnięciu wysokiego ogólnego stopnia ochrony środowiska zarówno w rozbiciu na poszczególne jego elementy, jak i środowiska jako całości.

Górnictwo, jako element antropopresji w sposób ogólny ilustrują trzy działy przemysłu górniczego: górnictwo podziemne (rozdział 12.), górnictwo odkrywkowe (rozdział 13.) i wiertnictwo (rozdział 14.). Podsumowaniem jest charakterystyka zmian antropogenicznych środowiska, będących skutkiem tejże działalności – rozdział 15. oraz rozdział 16. ilustrujący podstawy ochrony środowiska geologicznego.

Rozdział 17. zawiera najczęściej spotykane w literaturze przedmiotu skróty. Ta część jest kolejnym udogodnieniem w pogłębianiu wiadomości i świadomości na podany temat. Rozdział 18., pt. „Minisłowniczek”, pozwala poszerzyć wiedzę poprzez wyjaśnienie wybranych pojęć z omawianego zakresu materiału. Ponadto bogaty zbiór przepisów prawnych polskich i Unii Europejskiej z dziedziny „Środowisko” zawiera rozdział 19. pt. „Załączniki.

Podręcznik powstał na bazie bardzo szerokiego zbioru różnorodnych materiałów, autorów których ujęłam w „Literaturze uzupełniającej”, poszerzającej zakres wiedzy z przedstawionego tematu, gdzie czytelnik odnajdzie więcej interesujących go zagadnień bądź możliwość ich doprecyzowania. Te wybitne osoby, które odnajdą swe treści w niniejszym opracowaniu, a nie odnajdą się w bibliografii, z góry przepraszam, gdyż wykorzystałam również swoje prywatne notatki robione od szeregu lat, które nie zawierają autora wypowiedzianych myśli.

Serdeczne wyrazy podziękowania składam Panu **Prof. dr hab. inż. Maciejowi Mazurkiewiczowi**, Kierownikowi Katedry Ekologii Terenów Górniczych AGH w Krakowie, za konkretną merytoryczną pomoc i cenne uwagi przy doborze treści i układzie poszczególnych tematów opracowania, a także utwierdzenie mnie w zamiarze przygotowania tego podręcznika. Szczególnie cenne okazały się udostępnione mi dane z prywatnego archiwum Profesora i jego opracowania naukowe. Niech mi będzie również wolno wyrazić wdzięczność Panu Profesorowi Maciejowi Mazurkiewiczowi za przychylną i wnikliwie opracowaną ocenę prezentowanej pracy.

Przyjacielskich porad i wskazówek udzieliły mi także w trakcie pisania Panie Mgr Małgorzata Widziszewska i Mgr Teresa Łożańska, uprzejmie przeczytały gotowy maszynopis, udzielając cennych rad (czytelnika nie znającego tej tematyki) wykorzystanych przeze mnie w ostatecznej redakcji tekstu.

Dziękuję oczywiście Dyrekcji Instytutu Politechnicznego, Panu Dyrektorowi Prof. dr hab. inż. Kazimierzowi Twardowskiemu oraz Wicedyrektorowi, a zarazem Kierownikowi Zakładu Kształtowanie Środowiska Panu Dr inż. Stanisławowi Rymarowi za okazaną życzliwość, przyjęcie książki i podjęcie trudu jej wydania.

Panu Prof. dr hab. inż. Andrzejowi Gonetowi – Rektorowi PWSZ w Krośnie –
dziękuję za decydującą pomoc finansową przy jej wydaniu.

Czytelnika proszę o sugestie i uwagi, które pozwolą na podniesienie poziomu me-
rytorycznego następnych wydań.

Ewa J. Lipińska

*Książkę tę dedykuję moim cierpliwym dzieciom:
Karolinie, Konradowi i Krzysztofowi*

Krosno, luty 2004 roku

„Wszystko, co jest białe zimą, musi być zielone latem. Innymi słowy, ta część przestrzeni, z której człowiek nie korzysta (tzn. nie jest to np. droga) musi zostać zwrócona przyrodzie, nie może się zmarnować, bo: wszystko, co jest pod otwartym niebem jest częścią natury, a my tylko czasowo korzystamy jedynie z jej fragmentów”.

Hundertwasser, 1991

WSTĘP

Środowisko życia człowieka jest niezwykle złożonym obszarem, pełniącym wielorakie funkcje i mającym wiele znaczeń. Z określeniami terminu „środowisko” spotkać się więc można jako na przykład: środowisko geograficzne, środowisko przyrodnicze, środowisko antropogeniczne, środowisko biologiczne, środowisko kulturowe czy środowisko społeczne. Zakres tematyczny tego materiału obejmuje środowisko geologiczne, które jest częścią środowiska geograficznego. Dla właściwego zrozumienia powiązań istniejących pomiędzy poszczególnymi „środowiskami”: ich częściami składowymi, którymi są woda, powietrze, gleba, świat roślinny i zwierzęcy, jak i występującymi w nich czynnikami środowiskowymi obejmującymi klimat i jego zmiany, temperatury, siłę i kierunek wiatrów, stopień nasłonecznienia, ciśnienie, wielkość i rodzaj opadów atmosferycznych – konieczne jest, choćby fragmentaryczne, scharakteryzowanie tych pojęć.

Środowisko geologiczne stanowi przypowierzchniowa część skorupy Ziemi wraz z procesami endogenicznymi, mającymi źródło w głębi Ziemi, jak i procesami egzogenicznymi, działającymi na skorupę ziemską od zewnątrz, czyli czynnikami atmo-, hydro- i biosfery łącznie z zmieniającymi ją procesami geologicznymi. Środowisko geologiczne jest ośrodkiem dynamicznym, poddawany ciągłym procesom wietrzenia, erozji i powierzchniowych ruchów masowych (określane łącznie jako denudacja) oraz procesom tworzenia się osadów na lądach i w zbiornikach wodnych (określanych jako sedymentacja). Procesy te określane są zarówno jako naturalne, będące efektem ewolucji Ziemi, jak i jako antropogeniczne – będące skutkiem działalności gospodarczej człowieka.

Środowisko geologiczne jest fragmentem całościowego otoczenia człowieka określanego jako środowisko geograficzne. Procesy zachodzące w środowisku geo-

logicznym oddziałują w sposób bezpośredni (np. erupcja wulkanów) i pośredni (np. zawały będące skutkiem górniczej działalności człowieka) na wody, powietrze, florę i faunę, które to elementy tworzą w ogólnym ujęciu środowisko geograficzne.

Środowisko geograficzne definiuje się, jako synonim powłoki ziemskiej, na którą składają się: skorupa ziemska, część atmosfery (troposfera i dolna część stratosfery), wody, pokrywa glebowa, szata roślinna i świat zwierzęcy. Powłoka ziemska posiada specyficzne cechy, przestrzennie zróżnicowane. Jedną z charakterystycznych cech powłoki ziemskiej jest jej piętrowa budowa i wzajemne przenikanie sfer. Ponadto materia występująca na powłoce ziemskiej występuje we wszystkich (trzech) stanach skupienia, zaś procesy jakie w niej zachodzą wynikają zarówno z przyczyn kosmicznych, jak też tkwiących we wnętrzu Ziemi. Za górną granicę powłoki ziemskiej uważa się stratosferę, za dolną granicę – spąg skorupy ziemskiej, leżący około 30 ÷ 40 km pod powierzchnią terenu. W zasięgu powłoki ziemskiej rozwija się życie organiczne. Środowisko geograficzne można więc przyjąć jako przyrodę otaczającą człowieka i oddziałującą na niego.

Przyroda tworzy **środowisko przyrodnicze**, na które składa się ogół czynników przyrody ożywionej (biotycznych) i przyrody nieożywionej (abiotycznych). Środowisko przyrodnicze składa się z zewnętrznej części skorupy ziemskiej wraz z okrywą glebową, częścią atmosfery i wszystkimi wodami. Głównym elementem składowym środowiska przyrodniczego jest szata roślinna, świat zwierząt i świat drobnoustrojów tworzące biosferę.

Człowiek ze swoją osobowością oraz warunkami i zespołem czynników naukowo – technicznych wpływających na większą lub mniejszą intensywność jego działalności gospodarczej i społecznej tworzy **środowisko społeczne i kulturowe**. Środowiska te zmieniają się wraz ze zmianą myśli twórczej, sił wytwórczych, kierunków produkcji, ustrojów politycznych. Istotną rolę odgrywa tu światopogląd związany z doskonaleniem reguł ludzkiego zachowania, oparty na poznaniu zasad ewolucji życia na Ziemi, wyobrażeniach o dalszym rozwoju społeczno – gospodarczym, normach i hierarchiach wartości moralnych, etycznych i estetycznych. Środowiska społeczne i kulturowe bezpośrednio (na przykład poprzez zmianę struktury geologicznej podłoża gruntowego w wyniku robót budowlanych, czy odprowadzanie nieoczyszczonych ścieków do wód) i pośrednio (na przykład z powodu ucieczek ropy z nieszczelnych zbiorników, zanieczyszczenia atmosfery gazami odlotowymi nie w pełni oczyszczonymi) oddziałują na „środowisko”, w ujęciu ogólnym będące podstawą bytu człowieka.

Umiejętność sprecyzowania różnic występujących pomiędzy poszczególnymi formami środowisk ułatwia zrozumienie interakcji zachodzących pomiędzy środowiskiem a człowiekiem lub innym elementem przyrody ożywionej i nieożywionej. Pozwala wyjaśnić znaczenie zrównoważonego rozwoju w kształtowaniu i ochronie środowiska w skali lokalnej, regionalnej jak i globalnej. To wzajemne oddziaływanie fizyk Paul A.M. Dirac (laureat nagrody Nobla z 1933 r.) wyraził tak: *Zerwij kwiatek na Ziemi, a poruszysz najbardziej odległe galaktyki.*

Ochrona środowiska geologicznego Ziemi należy do jednych z najtrudniejszych zadań współczesnych pokoleń. Obejmuje swym oddziaływaniem nie tylko

samą „ochronę”, lecz również ma „rekonstruować” środowisko zdegradowane i tak je „kształtować” by przywrócić mu, co najmniej pierwotną, naturalną formę lub doskonalszą. Zrozumienie sposobu, w jaki rozprzestrzeniają się w środowisku substancje chemiczne, stanowi podstawę do opracowania wielu, różnorodnych metod rekultywacji, rekonstrukcji, czy renaturalizacji. Ta różnorodność i wielość metod wynika z różnorodności cech środowiska, substancji chemicznych pochodzenia naturalnego i wytworzonych przez człowieka czy w wyniku samoistnych przemian w czasie i przestrzeni. Z tych względów „ochrona środowiska geologicznego” to ochrona litosfery, hydrosfery i atmosfery oraz ich elementów składowych, które powiązane są ze sobą różnymi zależnościami środowiskowymi. Tak szeroko rozumiana „ochrona” wymaga współpracy wielu dziedzin nauki: badawczej, rozwojowej, technicznej i łącznego wykorzystywania ich najnowszych zdobyczy do osiągnięcia celów ekologicznych.

Zanim człowiek rozpoczął działalność podporządkowania swoim potrzebom bytowym środowiska przyrodniczego, stanowiącego jego jedyne siedlisko we Wszechświecie, siły natury odgrywały w nim najpoważniejszą rolę w utrzymaniu homeostazy. Zachowywały względny stan równowagi pomiędzy różnymi dynamicznymi elementamiżywionymi i nieożywionymi środowiska. Jednak rozwój kulturalny i społeczny człowieka doprowadził środowisko do stanu, w jakim obecnie go odbieramy: zanieczyszczone, duszące i przesycone smogiem powietrze, zanieczyszczone, brudne, cuchnące i z pianą przy brzegach rzeki i strumienie, zdegradowane gleby omiatane wiatrem porywającym luźne cząstki i brak roślinności lub jej elementy skarłowaciałe, przerzedzone, pokryte porostami. Być może obraz ten nie dotyczy wszystkich obszarów, ale każdy może wskazać takie i podobne miejsca.

Wzrost świadomości ekologicznej i zainteresowanie ochroną środowiska na skalę globalną nastąpił zaledwie około 30 lat temu. Pojawiły się wówczas pierwsze publikacje światowe alarmujące o zagrożeniach w szczególny sposób oddziałujących na organizmy żywe – w tym na człowieka. Jedną z pierwszych kontrowersyjnych pozycji literaturowych była książka autorstwa Racheli Carsona (1962) „*Silent Spring*” („Milcząca wiosna”). Zwrócił on uwagę na niebezpieczeństwa związane z zanieczyszczeniem środowiska truciznami chemicznymi, głównie pestycydami. Liczne komentarze wzbudziła także książka „*Limits to Growth*” Meadows (1972), opisująca na podstawie matematycznego modelu symulacyjnego prognozy, co do przyszłości środowiska. Jedną z sugestii zawartych w książce jest wzrost populacji ludzkiej w warunkach ograniczonych zasobów naturalnych i skażenia. Bardzo pesymistycznie brzmią spostrzeżenia, że skażenie to spowoduje, w ciągu najbliższych 100 lat, gwałtowny spadek liczby ludności, jaka będzie mogła przetrwać na Ziemi. Inną prognozą jest spadek produkcji żywności – częściowo spowodowany skażeniem środowiska. Intensyfikacja produkcji i konsumpcji, wykraczająca daleko poza potrzeby indywidualnego człowieka, społeczeństwa czy narodu doprowadziły do zachwiania dynamicznej równowagi naturalnych zasobów Ziemi. Ta zmiana stopniowo zmienia tor ewolucji życia, które jawi się poprzez eliminację gatunków, które nie zdążyły się przystosować.

Mając na uwadze te problemy optymistycznym sygnałem wydaje się być obecne podejście do problemów ekologii, kształtowania i ochrony środowiska. Obok amerykańskich ekologów, alarmujących o globalnych niebezpieczeństwach, stanęli ludzie o podobnej wrażliwości z krajów Unii Europejskiej. Wykorzystując najnowsze osiągnięcia nauki, techniki i technologii dążą oni do poprawy jakości środowiska naturalnego. Poprawa ta nie jest możliwa bez zmiany mentalności społeczności lokalnych: ich sposobu myślenia, wrażliwości na otoczenie przyrodnicze, zwyczajów kulturowych i środowiskowych, sposobu prowadzenia działalności gospodarczej.

Bilans końca wieku XX nie budzi optymizmu, jeśli weźmie się pod uwagę stan degradacji środowiska, problemy demograficzne, obszary nędzy i niepokojów społecznych. Obraz ten może dzielić ludzi na dwie grupy: tych co widzą potrzebę konstruktywnego działania oraz tych, co uciekają przed rzeczywistością umniejszając w różny sposób skalę problemów. Dlatego każdy z nas powinien zastanowić się nad sentencją wypowiedzianą przez Alberta Einstein'a: *Tylko dwie rzeczy są nieskończone: wszechświat i ludzka głupota, chociaż co do pierwszego nie mam pewności.*

Część I

Ewolucyjne kształtowanie środowiska do czasów współczesnych

Wiele złożonych zadań w nauce i technice rozwiązuje się przy zastosowaniu założeń upraszczających. Historia świata jest także pełna uproszczeń, bez których przedstawienie wielu niezwykłych zdarzeń byłoby niezmiernie trudne, a czasem nawet niewykonalne.

Sozański Józef, 1996

Rozdział 1

HISTORIA EWOLUCJI ZIEMI

1.1. Historia ewolucji – następstwo czasu

Mówiąc o zmianach środowiska geologicznego nie można pominąć historii ewolucji Ziemi. Istotną rolę ewolucyjną odegrał w niej *Homo*, który ewoluował około 2 mln lat temu. Ta ewolucja w istotny sposób wpłynęła na ewolucję wszystkich innych istot żywych – roślinnych i zwierzęcych – oraz ich środowisko przyrodnicze i kulturowe.

Odtworzenie w szczegółach historii zmian środowiska Ziemi jest niezwykle skomplikowane. Jak wyjaśnia John D. Barrow (1999) *przypomina to nasze rozumienie układów atmosferycznych. Znamy wszystkie prawa fizyki rządzące przyrodą, jak również zmiany klimatyczne w przeszłości. Mimo to nie potrafimy przewidzieć pogody, nawet na jutro. Jest to spowodowane skomplikowanym i subtelnym współdziałaniem niezliczonych czynników, które łącznie określają obecny stan pogody. Ponieważ nie możemy znać wszystkich parametrów z absolutną dokładnością nasza zdolność przewidzenia pogody jest ograniczona.* Podobnie ma się rzecz z historią ewolucji Ziemi. Jej odtworzeniem zajmują się naukowcy wielu dyscyplin ścisłych: fizycy, chemicy, matematycy; a także dziedzin interdyscyplinarnych: nauk o geologii, ekologii, biologii, fizjologii i wielu innych. Wynika to z fundamentalnego oddziaływania w przyrodzie bardzo różnych sił i ich wpływu na różne rodzaje cząstek elementarnych. Na bazie tego wpływu można powiedzieć, że: (1) Każda z sił działających w przyrodzie ma inną klasę cząstek materii; (2) Siła oddziaływań zmienia się wraz z temperaturą ośrodka. Wzrost temperatury określonego ciała powoduje, że jego atomy i cząsteczki poruszają się szybciej i wykazują tendencje do oddalania się od siebie (ciało rozszerza się) i na odwrót: przy obniżaniu temperatury ciała kurczą się.

Ziemia będąca jednym z wielu elementów Wszechświata jest układem zamkniętym, więc podlega prawom termodynamiki. Wszystko co znajduje się poza układem nazywa się otoczeniem Ziemi. Stan układu opisywany jest przez fizyczne wielkości (stałe fizyczne, czyli parametry stanu): ciśnienie, temperaturę, objętość, energię, prędkość, przyspieszenie, masę, ładunek i inne wielkości. W pesymistycznym prognozowaniu przyjmuje się, że wszystko zmierza do stanu pozbawionego struktury. Jest to stan, do którego zdegradują się w końcu wszelkie zorganizowane formy energii we Wszechświecie – może dojść do sytuacji, że „Ziemia znajdzie się w stanie martwoty”. Nastąpi to w chwili, gdy zużycie jej zasobów naturalnych będzie funkcją ciągle rosnącą w czasie, aż do osiągnięcia maksymalnej wartości, po

której żadne zmiany nie będą już możliwe. Czas odgrywa istotną funkcję w historii ewolucji Ziemi.

Czas wyznaczany jest przez położenie Słońca na niebie, czyli prawdziwy czas słoneczny wskazywany jest przez promienie słońca, tworzące zegar słoneczny. Czas słoneczny określany jest także jako rzeczywisty czas lokalny, który wskazuje południe, gdy Słońce znajduje się najwyżej na niebie. Słońce będące w najwyższym punkcie na niebie jest wówczas w połowie swej drogi między wschodem i zachodem (przechodzi przez południk lokalny). W naszym codziennym życiu odmierzamy czas, używając ciągu zjawisk przyrodniczych, jak na przykład przesuwanie się wraz z obrotem Ziemi cienia rzucanego na tarczę zegara słonecznego. Wędrowka cienia po tarczy zegara słonecznego, następstwo dnia i nocy, cykliczność faz księżyca, rytm pór roku – to cztery podstawowe zjawiska pozwalające śledzić upływ czasu na Ziemi. Nie ma możliwości innego określenia czasu poza określeniem, w jaki sposób się go mierzy. To, co można zmierzyć to tempo zmian fizycznych we Wszechświecie: ruch wskazówek zegara, kapanie wody z kranu, przesypywanie piasku w klepsydrze itp. Istnieje niezliczona ilość zjawisk, które mogą być stosowane do definiowania upływu czasu. Służą one do dzielenia czasu na okresy dłuższe (rok, miesiąc) za pomocą wielokrotności okresów krótszych (tydzień, dzień, godzina), które składają się na projekt kalendarza.

Ale to nie człowiek pierwszy zmierzył się z czasem. Zanim na Ziemi pojawił się pierwszy hominid już organizmy znacznie prymitywniejsze poddawały się rytmowi nieba i czasu, wpływowi środowiskowych warunków klimatycznych stopniowo ewoluując.

1.2. Narodziny Wszechświata

Powstanie Wszechświata nie jest do dzisiaj wyjaśnione. W latach dwudziestych XX wieku naukowcy postawili hipotezę, że wyłonił się on ze stanu, w którym był gęstszy i miał zerowe wymiary. Istnienie swe zapoczątkował około 15 miliardów lat temu ($15 \cdot 10^9$ lat), gdy nastąpił Wielki Wybuch, który (Barrow, 1999): *dał początek czasowi, przestrzeni i materii. To z niego wyłonił się nasz dzisiejszy Wszechświat, będący w stanie globalnej ekspansji, powoli stygnący i nieustannie się rozrzedzający. Na początku Wszechświat był piekłem wypełnionym promieniowaniem zbyt gorącym, by mogły uchować się w nim jakiegokolwiek atomy. W ciągu pierwszych kilku minut ostygł na tyle, że powstały jądra najlżejszych pierwiastków. Setki tysięcy lat później Kosmos stał się wystarczająco chłodny i rzadki, by elektrony mogły połączyć się z jądrami, tworząc całe atomy (...) Atomy cięższe skupiały się tworząc środek globu, lżejsze gromadziły się na jego zewnętrznej powierzchni. W miarę ostygnięcia atomy łączyły się ze sobą, a pary pierwiastków i metali skraplały (...). Wkrótce potem powstały proste cząsteczki (...) Miliardy lat później spadek temperatury zapoczątkował złożony cykl procesów, które doprowadziły do skupienia materii w gwiazdę i galaktyki. Dopiero wtedy, po powstaniu stabilnych układów planetarnych, rozpoczęły się procesy biochemiczne (...).*

Teoria Wielkiego Wybuchu opiera się na dwóch założeniach: (1) od momentu, kiedy wiek Wszechświata wynosił 10^{-43} sekundy (chwila ta nosi nazwę czasu

Plancka i określa granicę naszej współczesnej wiedzy) obowiązuje ogólna teoria względności Einsteina; (2) niezależnie od tego, gdzie znajduje się obserwator i w jakim kierunku patrzy, Wszechświat wygląda dokładnie tak samo (zasada kopernikańska). Na ich podstawie ewolucja Wszechświata opisywana jest przez naukowców od czasu Plancka do czasów współczesnych.

Równania matematyczne opisujące zachowanie się materii we Wszechświecie dowodzą, że na początku swego istnienia był on bardzo mały, gęsty i gorący. Ponieważ zaczął się rozszerzać, jednocześnie rozrzedzał się i stygł. Gdy jego wiek wynosił około jednej dziesięciotysięcznej sekundy, a temperatura 10^{12} K, wypełniony był mieszaniną materii i antymaterii w równowadze termodynamicznej. W następstwie stygnięcia cząstki i antycząstki anihilowały ze sobą, wytwarzając promieniowanie gamma aż do momentu, kiedy znikła praktycznie cała antymateria. Kiedy proces ten się zakończył, wiek Wszechświata wynosił już kilka sekund, a jego temperatura spadła poniżej 10^{10} K. Materia we Wszechświecie składała się już z protonów, neutronów, elektronów, neutrino i fotonów. Neutrony stały się cząstkami nietrwałymi, z czasem życia około 10 minut. Jednak po upływie kolejnych 90 sekund temperatura materii spadła na tyle, że protony i neutrony zaczęły się wiązać w trwałe jądra deuteru – ciężkiego izotopu wodoru. Było to początkiem cyklu szybkich reakcji jądrowych, w wyniku których powstawać zaczęły jądra helu (hel stanowi około 25% masy Wszechświata). Kiedy wiek Wszechświata wynosił milion lat, jego temperatura obniżyła się o około 4 000 K, czyli na tyle, że z jąder atomowych i swobodnych elektronów mogły zacząć powstawać stabilne atomy. W tym samym momencie promieniowanie elektromagnetyczne uzyskało możliwość swobodnego poruszania się w przestrzeni; promieniowanie to, zwane promieniowaniem relikowym tła, zostało zaobserwowane po raz pierwszy w połowie lat sześćdziesiątych XX wieku. Mniej więcej w tym samym czasie we Wszechświecie zaczęły tworzyć się struktury: gromady galaktyk, galaktyki i gwiazdy. Pod koniec lat dwudziestych XX wieku Edwin Hubble odkrył, że galaktyki oddalają się od nas, a ich prędkość jest proporcjonalna do odległości, w jakiej się znajdują (dokładnie tak, jak przewiduje model teoretyczny – mierząc odległości galaktyk i prędkości ich ruchu, można określić, kiedy nastąpił Wielki Wybuch).

Okolo 5 mld lat temu powstało Słońce wraz z krążącymi wokół niego planetami. Po upływie miliarda lat na jednej z nich – Ziemi – powstało życie.

Zakłada się, że pierwsze żywe komórki pojawiły się prawdopodobnie zaledwie około $2,5 \div 2,0$ mld lat temu w wodach, skąd życie wypełzło na ówczesne skamieniałe lądy. W ciągu kolejnych milionów lat ewolucji życie zdominowało lądy, pokrywając je organizmami roślinnymi i zwierzęcymi. Przyjmując zdefiniowany wcześniej czynnik czasu, słowo „zaledwie”, odniesione do skali czasowej ma niezbyt odległy wymiar: najstarsze skały powierzchniowe na Grenlandii liczą sobie 3,9 miliarda lat, najstarsze znalezione na Ziemi skamieniałe bakterie pochodzą sprzed około trzech miliardów lat, dinozaury żyły około 230 milionów lat temu – a najstarsze pozostałości po okresie tworzenia się Ziemi stanowią jedną trzecią tego, co oddziela nas od Wielkiego Wybuchu.

W 1993 roku kalifornijski fizyk Louis Lerman przedstawił teorię, że głównym sprawcą naszego istnienia na Ziemi są mikroskopijne pęcherzyki pękające na powierzchni pramorza i ulatujące z niego do atmosfery drobin. Stwierdził, że kluczem do chemicznej ewolucji życia nie musi być wcale „bulion pierwotny”, pokrywający powierzchnię praplanety. Rolę tę mogły znacznie lepiej odegrać aerozolowe pramorские i praocceaniczne drobin. Proste związki organiczne z mulistego podłoża, węgiel (grafit) z pyłu wulkanicznego i meteorytowego czepiały się mikropecherzyków morskich i tak, jak obserwujemy to na powierzchni współczesnego morza i jego fal, były wyrzucane do atmosfery w procesie pęknięcia pęcherzyków. Tam oddziaływało na nie promieniowanie ultrafioletowe i wyładowania atmosferyczne. W niezliczonych drobinach unoszących się nad powierzchnią naszej planety zaczynały się tworzyć aminokwasy i wraz z opadami wracały na Ziemię – jako zarodniki życia.

Życie mogło powstać na Ziemi z chwilą wytworzenia się w erze proteozoicznej korzystnych warunków środowiskowych: odpowiedniej temperatury i wilgotności. Temperatura musiała opaść na tyle, aby białko stanowiące podstawę życia nie ścinało się. Zmiany środowiska fizyczno-chemicznego biosfery sprzyjały ewolucyjnym przystosowaniom różnorodnych istot żywych. Powinowactwo chemiczne wielu radioaktywnych izotopów w stosunku do pierwiastków ważnych dla żywych organizmów, z uwagi na ich rolę w metabolizmie, pozwoliło na ich wbudowywanie się w istotne struktury biologiczne. Były one przyczyną pojawienia się nieukierunkowanych zmian dziedzicznych – mutacji – głównych czynników pobudzających biologiczną ewolucję. Należy tutaj podkreślić istotę ewolucji:

ewolucja nigdy nie wraca do form wcześniejszych, ani nie ulega zatrzymaniu.

1.3. Budowa Ziemi

Ziemia jest jedną spośród 9 planet Układu Słonecznego będącego elementem całkowicie ukształtowanego Wszechświata. Jest ona elipsoidalną planetą o masie około $59,76 \cdot 10^{26}$ g, objętości około $1,08 \cdot 10^{27}$ cm³ i promieniu równikowym około 6 378 km. Obliczona na tej podstawie gęstość Ziemi wynosi około 5,52 g/cm³. Odległość jej od Słońca szacuje się na około 149 675 000 km.

Ziemia krąży wokół Słońca po orbicie o kształcie elipsy. Oś obrotu Ziemi nachylona jest względem płaszczyzny, na której leży jej droga pod kątem około 23°. Krążąc wokół Słońca przyjmuje pozycję, w której raz znajduje się w punkcie najbliższym Słońcu, a raz najbardziej oddalonym, co ma wpływ na ilość otrzymywanego ciepła. „Zawieszona” we Wszechświecie podlega także obrotowi wokół swojej osi z zachodu na wschód – o okresie około 24 godzin. Ruch wirowy Ziemi powoduje istnienie na jej powierzchni siły Coriolisa skierowanej poziomo. Siła ta wynika z bezwładności i wpływa na kierunek prądów morskich i powietrznych. Na przykład, rzeki płynące na półkuli północnej podmywają silniej prawy brzeg, niezależnie od kierunku, w jakim płyną. Siła Coriolisa ma wartość równą zero tylko wtedy, gdy ciało porusza się równoległe do osi obrotu.

Ziemia podlega stałemu przyciąganiu Słońca i Księżyca. Zjawisko to wpływa na zmianę kształtu Ziemi poprzez podnoszenie się i opadanie powierzchni o około

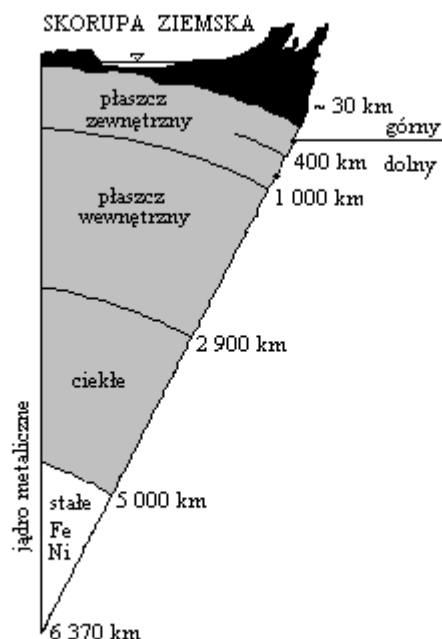
1/3 metra. Słońce jest głównym źródłem światła, ciepła i energii, które podtrzymują życie na Ziemi. Średnia odległość do Słońca wynosi 150 000 000 km. W grudniu jest nieco mniejsza i wynosi 147 000 000 km, zaś w czerwcu nieco większa – 152 000 000 km.

Ziemia posiada budowę niejednorodną: jej wnętrze tworzą bowiem skały o gęstości większej i mniejszej. Model budowy Ziemi (Schemat 1., Tabela 1. i 2.) ilustruje powierzchnie oddzielające od siebie materie o odmiennych właściwościach, tzw. powierzchnie nieciągłości sejsmicznej.

Jedna powierzchnia nieciągłości sejsmicznej znajduje się na głębokości około 2 900 km, natomiast druga powierzchnia o nazwie *Moho* znajduje się na głębokości: około 30 ÷ 70 km na obszarach kontynentów oraz 10 ÷ 11 km pod powierzchnią oceanów i mórz. Powierzchnia nieciągłości *Moho* oddziela skorupę ziemską od płaszcza Ziemi.

Zewnętrzna powierzchnia Ziemi składa się z trzech warstw:

1. *litosfery*: stanowiącej też skorupę ziemską bowiem tworzy ją układ skalny Ziemi;
2. *hydrosfery*: którą tworzą zasoby wodne pokrywające powierzchnię Ziemi i jej wnętrze;
3. *atmosfery*: będącej powłoką gazową nad hydro- i litosferą – i otaczającej je.



Schemat 1. Budowa Ziemi według współczesnych hipotez (Kabata-Pendias, Pendias, 1999; zmienione)

Tabela 1. Charakterystyka geosfer (Majcherczyk, 2000)

Geosfera	Grubość [km]	Głębokość nieciągłości [km]	Objętość [%]	Prędkość fal [km/s]		Gęstość [10^3 km/m ³]
				fale P	fale S	
Skorupa ziemska	7÷40	zmienna 2 900 5 120 6 371	1,5	5,8÷7,6	3,2÷4,3	3,3÷3,4
Plaszcz	2 860		82,3	nieciągłość Mohorovičica		5,5÷5,8
Jądro zewnętrzne	2 200		15,4	7,9÷8,2 13,6	4,3÷4,6 7,3	9,4÷10,0
Jądro wewnętrzne	1 250		0,8	nieciągłość Gutenberga		10,0÷11,0
		8,1 10,4		– –	13,0÷13,5	
		granica jądra zewnętrznego i wewnętrznego				
				11,1	–	

Tabela 2. Budowa Ziemi w podziale na strefy (Kabata-Pendias, Pendias, 1999)

Strefa	Grubość średnia [km]	Objętość		Masa		Gęstość [g/cm ³]
		10 ⁶ [km ³]	[%]	10 ²⁰ [t]	[%]	
Atmosfera	–	–	–	0,00006	0,0001	–
Hydrosfera	3,8	1370	0,13	0,0141	0,024	1,03
Skorupa ziemska	17	10210	0,94	0,28	0,5	2,7
Plaszcz	2883	~898000	82,81	40,71	68,0	4,5
Jądro	3471	~175000	16,12	18,76	31,5	10,7
Całość Ziemi	6371	1083000	100	59,76	100	5,52

Te trzy elementy zewnętrznej struktury Ziemi tworzą naturalne środowisko życia dla organizmów żywych. Badanie przejawów zmian środowiska pozwala na odtworzenie dynamicznych procesów w nim zachodzących i odtworzenie ewolucji środowiska Ziemi. Poznanie ich pozwala zrozumieć jak zmieniała się powierzchnia Ziemi od chwili jej powstania, co było przyczyną tych zmian oraz ich ekologicznych skutków i zmian globalnych, regionalnych czy lokalnych.

1.4. Ewolucja klimatu

Przekształcenia środowiska litosfery to ciągły proces, który zapoczątkowany został w momencie powstania globu ziemskiego, czyli przed około 5 mld lat. Dynamiczne procesy przepływu **energii** i **materii** powodowały powolne, a czasami gwałtowne zmiany w aerosferze, biosferze, litosferze, hydrosferze i atmosferze. Zmiany te miały zasięg lokalny, regionalny i globalny, a ich czynnikami były: wiatr, woda, temperatura, klimat, flora i fauna od mikro- do wszystkich wyższych organizmów, a także ruchy sejsmiczne i tektoniczne oraz wiele innych czynników.

Czynniki te wzajemnie na siebie oddziaływały i oddziałują nadal, w ramach aerosfery będącej dynamicznym układem Ziemi.

Przekształcenia środowiska były stymulowane przez:

- czynniki wewnętrzne, będące skutkiem wzajemnych oddziaływań pomiędzy elementami biotycznymi i abiotycznymi;
- czynniki zewnętrzne, do których należą zmiany jakości promieni słonecznych i parametrów orbitalnych Ziemi wpływające na jej klimat.

Klimat kuli ziemskiej jest najpotężniejszym czynnikiem decydującym o kształtowaniu się krajobrazów. Określa wielkość promieniowania słonecznego, które dociera do powierzchni Ziemi oraz – pośrednio – warunki termiczne (temperaturowe). Zmiany klimatu zachodzą cyklicznie, w rytm ewolucji i ruchów tektonicznych na świecie. Niektóre zmiany klimatu mogą się wydarzyć w czasie krótszym od życia człowieka. Dlatego w obecnych czasach uważa się, że ludzkość może zakłócić równowagę w klimacie przedwcześnie, prowadząc do kolejnych ewolucji zmian klimatycznych.

Ewolucja klimatu na przestrzeni milionów lat jest naturalną przyczyną (lub skutkiem) zmian środowiska geologicznego, które są bardzo złożone. Do dzisiaj nie jest wyjaśniona rola i rodzaj oraz wzajemne powiązanie czynników, jakie wpływają na zmiany klimatu Ziemi w perspektywie czasowej. Na pewno podstawowym czynnikiem jest promieniowanie słoneczne. Udowodniono, że w okresach wysokiej aktywności Słońca klimat zmienia się na cieplejszy, staje się natomiast chłodniejszy przy jego minimalnej aktywności. Wyższa temperatura powoduje powstanie obszaru wysokiego ciśnienia nad lądem i niskiego nad przyległymi oceanami. Różnice ciśnienia decydują z kolei o przemieszczaniu się mas powietrza, a te wpływają na temperaturę przy powierzchni Ziemi.

Rodzaj i ilość promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi zależy m.in. od naturalnych czynników geologicznych, jak np. erupcje wulkaniczne, których pyły rozpraszają i częściowo odbijają promienie słoneczne powodując krótkotrwały spadek temperatury. Jednakże zmiany aktywności Słońca nie są jedyną przyczyną zmian klimatu.

Zmiany klimatu sprzed tysięcy lat szacowane są, między innymi, na podstawie analizy rdzeni lodowych. Lodowce polarne zasilane są opadami atmosferycznymi, których skład ilustrują kolejne warstwy lodu. Zapis tychże warstw informuje o zmianach środowiska na przestrzeni minionych 200 000 lat i daje podstawy do określenia przed- i poindustrialnych stężeń metali ciężkich, cykli biogeochemicznych pierwiastków i następujących sukcesji.

Badania naprzeciwległe występujących osadów lodowcowych w połączeniu z badaniami osadów biogenych, analizą zbiorowisk otwornic, okrzemek, materiału terygenicznego, składu chemicznego osadów, pyłków roślin i zawartości izotopów tlenu w głębokomorskich osadach pozwoliły na wydzielenie, na przestrzeni ostatnich 750 000 lat, dziewięciu glacjałów (zlodowaceń) i dziesięciu interglacjałów (okresów ciepłych). Okresy te wyróżnione zostały w Europie. Glacjały kończyły się dość gwałtownie, zaś przejście od glacialnych warunków klimatycznych do interglacialnych trwało około kilku tysięcy lat.

Nadejście (początek) epoki lodowcowej było wynikiem stopniowego pogarszania się warunków klimatycznych, które doprowadziły do pierwszego zlodowacenia datowanego na około 3,5 mln lat temu (Mannion, 2001), czyli w pliocenie. Rozwojowi lądolodu towarzyszyło stopniowe obniżanie się poziomu morza przed maksimum zlodowacenia i jego wzrost podczas wycofywania się lądolodu, co było przyczyną zmian ilości i objętości wody w oceanach. Ponadto tworzące się lądolody wpływały na obniżenie i podnoszenie się powierzchni litosfery pod ich ciężarem.

Według Mannion (2002) w ciągu 3,5 mln lat występowały 3 odmienne reżimy klimatyczne, które prowadziły do istotnych zmian we florze i faunie poszczególnych rejonów Ziemi. Następowala cyrkulacja w rozwoju roślinności klimatu ciepłego, umiarkowanego i zimnego. Równocześnie z cyrkulacją flory następowała cyrkulacja fauny zamieszkującej obszary objęte zmianami klimatu. Gwałtowne zmiany klimatyczne i ekologiczne mogły być powodem zagłady wielu gatunków roślin i zwierząt.

Skutkiem tych zmian były cyrkulacje zmian zawartości w atmosferze: (1) dwutlenku węgla – gazu biorącego udział w procesach fotosyntezy; (2) oraz metanu – będącego produktem rozkładu substancji organicznej. Na ocenę zawartości dwutlenku węgla i metanu pozwala analiza pęcherzyków powietrza wiązanych w rdzeniach lodowych. Zawartość ich odzwierciedla z kolei stężenia tych gazów w atmosferze w momencie zamykania pęcherzyków powietrza w przestrzeni lodowej. Gazy te ilustrują także wahania ich zawartości w atmosferze pomiędzy glacjałami a interglacjałami, poprzez wzrost stężenia dwutlenku węgla i metanu. Naukowcy przyjmują, że ruchy tektoniczne są przyczyną obniżania się ilości dwutlenku węgla w atmosferze. Cykl węglowy trwał wiele milionów lat. Rozpoczął się wprowadzeniem dwutlenku węgla do atmosfery z wulkanów. Stąd pobierały go rośliny i gleba. W glebie dwutlenek węgla reagował z wodą dając kwas węglowy. Ten reagując ze składnikami gleby i skał powodował ich nasycenie węglanem wapnia. Wody gruntowe w wyniku depozycji kalcytu dostarczają zapisu zmian środowiska. Tlen, który wchodzi w skład węglanu wapnia występuje w różnych izotopach. Ich wzajemne proporcje niosą informację o temperaturze w okresie osadzania kalcytu. Taki izotopowy zapis tlenu pozwala oszacować temperaturę a osady kalcytowe mogą być datowane metodą uranową. Pozwala to na rekonstrukcję zmian temperatury w ciągu ostatnich 500 000 lat. Dalsze analizy wskazywały, że osadzony wapień rozgrzewając się, spontanicznie wydzieliał dwutlenek węgla, który ulatniał się do atmosfery lub w wyniku działalności wulkanicznej. Tak zamyka się uproszczony obieg dwutlenku węgla. Przez większą część czasu zawartość dwutlenku węgla w atmosferze była większa niż obecnie. Przyczyną spadku jego zawartości była roślinność. Obniżenie dwutlenku węgla w atmosferze doprowadziło do zlodowacenia. Sugeruje to, że rośliny były jego przyczyną. Jednak nadal nie wiadomo, czy zmiana zawartości dwutlenku węgla jest przyczyną, czy też skutkiem zmian klimatu.

Zmiany temperatury na Ziemi w przeszłości odzwierciedlają także pomiary stosunku izotopów tlenu. Pomiar taki jest wyrazem stosunku izotopów $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ względem składu izotopowego wody oceanicznej. W okresach glacialnych (chłodnych) wody oceaniczne są bogate w izotop ^{18}O (cięższy) i to wzbogacenie znajduje odbicie w składzie pancerzyków otwornic. W okresach ciepłych zawartość izotopu ^{18}O jest

niższa, ponieważ lżejsze cząsteczki $H_2^{16}O$ parują szybciej, niż cięższe cząsteczki $H_2^{18}O$. Zachodzące w sposób naturalny zmiany prowadzą do zachwiania równowagi izotopowej w atmosferycznej parze wodnej w niskich temperaturach. W okresach chłodnych cząsteczki $H_2^{16}O$, którymi nasycone jest powietrze, wiązane są przez rozrastające się lodowce i lądolody, by w okresach ciepłych (interglacjalnych) powrócić do oceanu. Tym samym zmiany klimatyczne zapisane zostały również w osadach głębokomorskich, które odzwierciedlają piętra zmian izotopów tlenu i na podstawie których rekonstruuje się temperatury powierzchni wody. Zapis tych zmian stanowią szczątki organizmów morskich i ziarna pyłków roślin lądowych, które mieszając się z mineralnymi osadami podlegają depozycji. Analizie poddaje się rdzenie osadów, które zawierają otwornice wapienne, okrzemki i pancerzyki pierwotniaków będące składnikiem zooplanktonu morskiego. Otwornice dominują w osadach strefy występowania wód ciepłych, natomiast okrzemki przeważają w obszarach wód chłodnych, dlatego stały się wskaźnikami zmian klimatu oraz zmiennej produktywności oceanicznej. Składniki pochodzenia lądowego zawarte w rdzeniach osadów głębokomorskich także świadczą o zmianach paleośrodowiskowych. Depozycja materiału morenowego przez góry lodowe wskazuje na początek ery lodowcowej. Typ i prędkość tworzenia się osadów są wskaźnikami zmian temperatury powierzchni morza.

Analiza pyłkowa pozwala na odtworzenie (rekonstrukcję) roślinności i historii klimatu. Zawartość pyłków roślin w osadach głębokomorskich pozwala ponadto dokonać korelacji pomiędzy osadami morskimi i lądowymi.

Dominującym czynnikiem zmian środowiskowych w początkowych okresach interglacjalów jest wietrzenie – z uwagi na brak szaty roślinnej. Osady interglacjalne analizowane na podstawie metody pyłkowej sukcesji i gatunków leśnych, wskazują na ich wkraczanie, rozpowszechnianie się i zanikanie. Ekspansja roślinności klimatu umiarkowanego na północ świadczy o napłynięciu cieplejszych mas powietrza. I na odwrót – ekspansja roślinności, charakterystycznej dla wysokich szerokości geograficznych, do niskich szerokości geograficznych świadczy o ochłodzeniu klimatu. Charakterystyczne zespoły roślinne okresów cyklu glacialno-interglacialnego ilustruje Tabela 3. Przedstawiona zmienność stratygraficzna pozwala również na odtworzenie naturalnych zmian środowiska i określenie ich wzajemnej korelacji.

W czasach nam współczesnych jedną z teorii przyczyn cykli glacialno-interglacialnych są zmiany parametrów orbitalnych Ziemi. Zmiana ekscentryczności orbity Ziemi uważana jest za czynnik inicjujący cykl glacialno-interglacialny. Okresowość nachylenia osi i percepcji punktów równonocy wpływa na układ stadiałów (maksimum transgresji lądolodu) i interstadiałów (stosunkowo krótkich ociepleń). Cykle te wpływają na ilość promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi, szczególnie w wysokich szerokościach północnej półkuli.

Zachodzące procesy klimatyczne wpływają zarówno na florę, jak i faunę litosfery, decydując tym samym o obiegu materii i przepływie energii w biosferze. Ponadto mają wpływ na cykl hydrologiczny Ziemi przez następujące po sobie okresy zimna i ciepła – jest to kolejne potwierdzenie wpływu astronomicznych czynników na przebieg zmian klimatu.

Tabela 3. Charakterystyczne zespoły roślinne poszczególnych okresów cyklu glacialno-interglacialnego (Mannion, 2001)

Okres cyklu glacialno-interglacialnego	Wyspy Owcze i Szetlandy	Zachodnia Irlandia	Wschodnia część basenu Morza Śródziemnego	Floryda
Kriokratyczny	Uboga pokrywa arktycznych i alpejskich roślin zielnych Gleby: szkieletowe, mineralne		Bylice <i>Artemisia</i> Step	Roślinność prerii
Protokratyczny	Łąki obfitujące w wysokie trawy i paprocie Gleby: wapienne nieługowane	Sosna, brzoza, topola, las świerkowy Gleby wapienne nieługowane	Lasy orzesznikowo – pistacjowe, wiąz, lipa, jesion	Zarośla dębowe z orzesznikiem Gleby: stabilne, piaszczyste
Mezokratyczny	Łąki obfitujące w wysokie trawy i paprocie Gleby: żyzne, brunatne	Lasy z sosną dębem i ostrokrzewem Gleby: żyzne, brunatne	Wiąz, lipa, jesion, grab i jodła	Lasy sosnowo – dębowe Gleby: stabilne, piaszczyste
Oligokratyczny	Kwaśne wrzosowiska, zespoły typowe dla torfowisk Gleby: bielice i torfowe	Jodła, świerk, wrzosa i rododendrony Gleby: bielice i torfowe	Sosna, ostrokrzew, dąb	Lasy sosnowe, torfowiska i bagna Gleby: bielcowe i torfowe
Telokratyczny			Sosna	
Pierwotne źródło:	Birks i Peglar (1979)	Watts (1967)	van der Hammen i in. (1971)	Watts (1971, 1980)

1.5. Pojawienie się *Homo*

Biologowie uważają, że do spontanicznej ewolucji żywych organizmów niezbędny jest węgiel. Węgiel stanowi o właściwościach wiązań DNA i RNA – helikalnych cząstek życia – dzięki którym około 5 mln lat temu pojawił się niezwykle istotny czynnik kształtujący i przeobrażający środowisko naturalne: *Homo sapiens sapiens* – bezpośredni przodek człowieka rozumnego (Singleton, 2000).

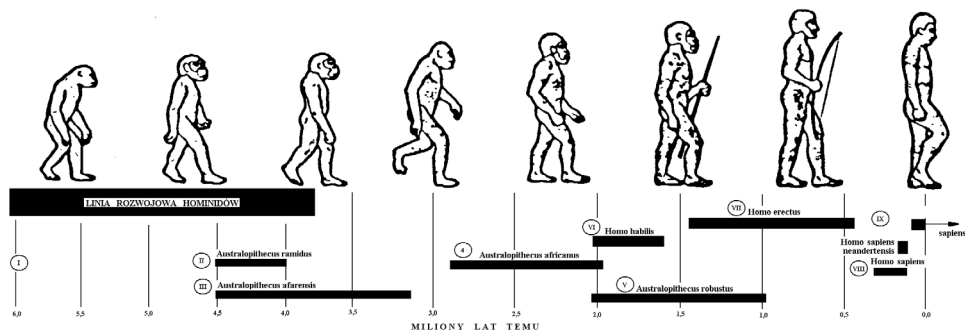
Narodziny życia na Ziemi określa się na około 4 600 mln lat temu. Jednak powolny, dynamiczny przebieg ewolucyjny doprowadził do pojawienia się pierwszych istot podobnych do małp dopiero przed około 15 mln lat. Paleontolodzy i antropolodzy molekularni dowodzą, że pierwsze człowiekowate oddzieliły się od wspólnego z małpami pnia naczelných (małp człekokształtnych, czyli goryli i szympansov, które genetycznie są niemal identyczne z człowiekiem) dopiero około 10÷5 mln lat temu. To wydarzenie ewolucyjne miało miejsce w Starym Świecie, czyli na lądzie afrykańskim (ewolucję człowieka ilustruje Schemat 2.).

Ślady pierwszej istoty człowiekowatej – australopitka („małpa południowa”) – pochodzące sprzed około 4 mln lat, odnaleziono w wapiennych jaskiniach południowej Afryki i w Wielkich Rowach Afrykańskich. Istoty te miały około 130 cm

wysokości, a pojemność czaszki sięgała około 700 cm³ (niewiele więcej niż u współczesnych małp). Korzystały z pokarmu roślinnego, a szczególnie z owoców i orzechów. Poruszały się na dwóch nogach i miały zorganizowane życie społeczne, co pobudzało rozwój mózgu. Działy w niewielkich grupach rodzinnych.

Około 2,5 mln lat temu pojawił się nowy gatunek *Homo habilis* („człowiek uzdolniony”) z bardziej okrągłą czaszką o pojemności około 800 cm³, którego szczątki odnaleziono również w Afryce. Były to pierwsze człowiekowane wytwarzające i używające narzędzi kamiennych (otczakowych i odłupkowych), które ułatwiały im zdobywanie pożywienia. Dla tego gatunku mięso stało się stałym elementem diety.

Badacze molekularni dowodzą, że zwiększenie w pożywieniu ilości białka pochodzenia zwierzęcego w istotny sposób przyczyniło się do rozwoju mózgu ówczesnych istot człowiekowatych. Brand-Miller i Colagiuri (1994) sugerują, że do adaptacji do nisko węglowodanowego a wysokobiałkowego pokarmu przyczyniło się pośrednio nadejście epoki lodowcowej, okresu, w którym stop rozprzestrzeniał się kosztem formacji leśnych, co faworyzowało wielkie zwierzęta trawożerne. Migracja stad zwierząt, stanowiących już podstawowy pokarm *Homo*, spowodowała przesuwanie się człowieka za stadami, zgodnie z ich corocznymi wędrówkami. Autorzy ci sugerują także, iż zmiana rodzaju pokarmu spowodowała przekształcenie metabolizmu, szczególnie poprzez nabycie oporności na insulinę. Oznacza to, że wytwarzana przez organizm ludzki insulina nie jest efektywnie wykorzystywana i reprodukcja (u zwierząt i współczesnych ludzi) jest wówczas osłabiona. W konsekwencji jest prawdopodobne, że selekcja naturalna genetycznie faworyzowała osobniki nieoporne na insulinę. Przyjmuje się, że mógł to być pierwszy sygnał pojawienia się w przyszłości ludzi opornych na



Schemat 2. Ewolucja człowieka

I – ?; II – *Australopithecus ramidus*. Wysokość 1–1,3 m. Szczątki znalezione w Etiopii, najstarszy dotychczas znany przodek człowieka; III – *Australopithecus afarensis*. Wysokość 1–1,3 m. Znaleziony także w Etiopii; IV – *Australopithecus africanus*. Wysokość 1–1,3 m. Znaleziony w Etiopii i w Afryce Południowej; V – *Australopithecus robustus*. Wysokość 1–1,4 m. Gatunek wygasł w procesie ewolucji; VI – *Homo habilis*. Wysokość 1,2–1,5 m. Pierwszy znany gatunek z rodzaju *Homo*; VII – *Homo erectus*. Wysokość 1,5–1,8 m. Prawdopodobnie rozwinął się w Afryce; VIII – *Homo sapiens*. Wysokość 1,7–1,8 m. Najstarszy odkryty człowiek współczesny; IX – *Homo sapiens sapiens*. Człowiek myślący.

insulinę – dzisiejsi diabetycy. Przyczyną, dla której jest względnie mniej diabetyków w Europie, jest prawdopodobnie wczesna uprawa na tym kontynencie zbóż zawierających węglowodany. Na podstawie takiego rozumowania można sądzić, że i inne współczesne choroby mają swe prapoczątki w okresie ewolucji człowieka.

Około 1,7 mln lat temu, tuż przed początkiem epoki lodowcowej, pojawiły się nowe dwa gatunki *Homo*, będące praprzodkami *Homo sapiens sapiens*:

- *Homo erectus* („człowiek wyprostowany”): o pojemności czaszki około 1000 cm³, którego szczątki odnaleziono w Chinach;
- *Homo heidelbergensis*: którego szczątki odkryto w Afryce, Chinach i Europie.

Gatunki te, uznane za pierwszych przedstawicieli rodu ludzkiego tworzyły grupy organizujące wspólne polowania, co było szczególnym awansem człowiekowatych w ich środowisku. Nabycie umiejętności zdobywania świeżego mięsa pozwoliło na przejście z padlinożerstwa na myślistwo. Osobniki mięsożerne mogły odżywiać się wieloma gatunkami zwierząt roślinożernych, przystosowanych do spożywania określonego rodzaju roślin – zatem ich mobilność była przez to znacznie ograniczona.

Homo erectus i *Homo heidelbergensis* wytwarzały już bardziej skomplikowane narzędzia drewniane, a przede wszystkim narzędzia z kamieni oraz z kości padłych lub upolowanych zwierząt, w tym i poroży (kamienne pięściaki i obustronne toporki). Zmieniły miejsca swego początkowego pobytu z drzewa na jaskinie lub korzystały ze schronienia w formie prymitywnych siedlisk naziemnych, jak szałas. Nauczyły się używać ubrań, krzesać ogień i panować nad nim. Pierwsze informacje o użyciu ognia pochodzą ze starego paleolitu, czyli sprzed około 1 ÷ 1,5 mln lat, gdy *Homo erectus* wyemigrował z Afryki do Azji i Europy. Na ten krok pozwoliły wypracowane umiejętności, które wciąż doskonałe dały możliwość skolonizowania mniej dogodnych do zamieszkania terenów Europy i Azji. Pozwoliła na to przede wszystkim zmiana pokarmu roślinnego na mięsny – wysokobiałkowy.

Stopniowe rozprzestrzenianie się praprzodków ulegało przyspieszeniu w okresach międzylodowcowych, a osłabieniu, bądź nawet zahamowaniu, w okresach transgresji lodowca. Fazy klimatyczne ciepłe trwały około 20 000 lat, co w porównaniu z formami zimnymi (glacjalnymi), które trwały około 100 000 lat, stanowiło krótki czas przystosowywania się hominidów do korzystnych warunków klimatycznych.

W Europie *Homo erectus* pojawił się około 1 ÷ 2 mln lat B.C. Był to okres wycofywania się lądolodu ku biegunowi. Klimat ocieplał się, czyli następował okres interglacjalny. Zmiana klimatu zimnego na umiarkowany umożliwiła wkroczenie na obszar Europy lasów mieszanych liściastych. Wczesny człowiek przystosowany był do życia na otwartych przestrzeniach, gdzie łatwiej było mu przetrwać okresy chłodu w czwartorzędzie z uwagi na dostatek zwierzyny łownej. Jego wędrówka i zasiedlenie nowych rejonów świata w tym czasie określana jest jako **działanie determinizmu klimatycznego i środowiskowego**.

Kolejnym krokiem w ewolucji człowieka było wyłonienie *Homo sapiens* i *Homo neandertalensis*. Pierwsze szczątki tych przodków znalezione w Europie pochodzą sprzed 500 000 lat. Według L.L. Cavalli-Sforza i F. Cavalli-Sforza (1995) ukształtowanie się współczesnego człowieka i pełny rozwój masowy gatunku nastąpiło około

300 000 do 200 000 lat temu. Naukowcy molekularni na podstawie badań DNA (mt DNA jest dziedziczone po matce, zaś DNA – po ojcu) postawili hipotezę, że dominującą linią rozwojową wczesnych przodków stała się linia pochodząca od kobiety, która żyła około 200 000 lat temu w Afryce, z której *Homo sapiens* rozprzestrzenił się po Europie, Azji i innych kontynentach – wypierając *Homo erectus* i *Homo neanderthalensis*.

Wczesny *Homo sapiens sapiens* dobrze się czuł w klimacie ciepłym. W miarę ochładzania się klimatu, podczas stadiałów ostatniej epoki lodowcowej, migrował na południe. Kontynent afrykański był więc z konieczności przez długi okres kolebką współczesnego człowieka. Rozwijając swą „inteligencję” (pojemność mózgu osiągnęła 1500 cm³), rozwijał równoległe wiedzę, naukę i technikę, które pozwoliły mu na dalekie migracje i przeniesienie się do strefy umiarkowanej oraz w wysokie szerokości geograficzne. Szybki rozwój inteligencji *Homo sapiens sapiens* określa się mianem **eksplozji kulturalnej**.

Cały świat współczesny praprzodek zasiedlił około 60 000 ÷ 70 000 lat temu. W Europie pojawił się na stałe prawdopodobnie około 40 000 lat temu. Około 30 000 lat B.C., spośród wielu gatunków człowiekowatych, pozostał już tylko jeden: *Homo sapiens sapiens*. Mniej rozwinięte linie genetyczne: *Homo heidelbergensis* i *Homo neanderthalensis* miały mniej szczęścia i wyginęły – nie przetrwały trudnych okresów międzylodowcowych.

Ileokroć lodowiec przemieszczał się na południe, stworzenia przystosowane do wyższej temperatury – w tym człowiek – migrowały także na południe.

1.6. Epoka lodowcowa a ewolucja człowieka

Szacuje się, że pierwsza epoka lodowcowa rozpoczęła się około 3,5 mln lat temu, a ruchy lodowca, jego nasuwanie się i cofanie, trwale ukształtowały środowisko przyrodnicze Ziemi. Co około 100 000 lat, w okresach ochładzania się klimatu, temperatura Ziemi obniżała się o 15°C, a wielkie lądolody pokrywały północną część Azji, Ameryki Północnej i Europy. Niemal jedna czwarta obecnej powierzchni Ziemi znajdowała się pod lodem, który powstrzymywał lub wręcz hamował postępy ludzkiego osadnictwa. Na południu, na obszarach międzyzwrotnikowych klimat był nadal bardzo gorący, choć dużo bardziej suchy niż obecnie: około połowy obszaru między Zwrotnikiem Koziorożca a Raka stanowiły pustynie. W interglacjalach następowały okresy ocieplania się klimatu, charakteryzujące się temperaturami zbliżonymi do dzisiejszych.

Ostatnie zlodowacenie miało miejsce około 80 000 lat temu. Zamarzanie wody wokół biegunów powodowało obniżanie się poziomu mórz, powstawały kontynentalne pomosty lądowe, łączące większość wielkich obszarów lądowych i wiele obecnych wysp w jeden kontynent. W środkowej fazie tego okresu migrujący *Homo sapiens sapiens* zasiedlał tereny nadające się do zamieszkania. Wykorzystując obniżenie się poziomu wód około 50 000 lat temu, skolonizował Archipelag Malajski i Australię. Około 40 000 lat temu dotarł do Japonii i Ameryki. Około 9 000 lat B.C. praprzodek człowieka dotarł do Nowej Anglii i Chile.

Ocieplenie się klimatu około 10 000 lat B.C. spowodowało podniesienie się poziomu mórz i odizolowanie Ameryki od Eurazji. Szacuje się, że do tego czasu około 10 mln myśliwych i zbieraczy rozproszyło się po wszystkich zakątkach Ziemi i człowiek stał się najwyżej rozwiniętym ssakiem.

Gdy lądolód zaczął ustępować, miejsca pierwotnie zajęte przez niego były podane silnej erozji wodnej i wietrznej zanim okryły się roślinnością. Rozległe stepy przyciągały zwierzęta, za którymi w ślad wyruszyły istoty człowiekowate. Ruszyły ku północy, bowiem w tym kierunku przemieszczały się strefy roślinne. W okresie ekspansji lądolodu proces zachodził w przeciwną stronę.

Analizując ewolucję środowiska naturalnego i człowieka można powiedzieć, że zmiany klimatu Ziemi przyczyniły się do ewolucji flory i fauny środowiska przyrodniczego w wyniku czego nastąpiła ewolucja *Homo erectus* i *Homo heidelbergensis* oraz innych gatunków. Ewolucja człowieka była dodatkowym czynnikiem zmieniającym środowisko naturalne w miarę ewolucji czynnika kulturowego *Homo sapiens sapiens* – człowieka współczesnego.

Okolo 8 000 lat B.C. warunki klimatyczne ustaliły się na mniej więcej dzisiejszym poziomie. Stabilizacja ta zasadniczo wpłynęła na tryb życia grup myśliwych i zbieraczy, które były liczniejsze niż kiedykolwiek wcześniej i następowały pomiędzy nimi zasadnicze zmiany.

1.7. Czwartorzęd

Na podstawie flory i fauny osadów lodowcowych szacuje się, że czwartorzęd rozpoczął się od około 1,6 do 2,5 mln lat temu. Świadectwem przekształceń środowiska na przestrzeni 10 ÷ 12 000 lat wstecz są badania paleośrodowiskowe obejmujące: osady głębokomorskie, rdzenie lodowe, analizę lądowych sekwencji osadów pyłkowych w glebach (głównie lessowych) oraz osadów wód morskich i oceanicznych, rzecznych, jeziornych i torfowisk. Na ich podstawie dokonuje się rekonstrukcji zmian środowiska w czwartorzędzie, poznaje przyczyny, skutki i tempo zachodzących zmian. Informacji dostarczają również wody gruntowe nasycone węglanem wapnia w wyniku depozycji kalcytu. W tym przypadku tlen, który wchodzi w skład węglanu wapnia, występuje w różnych izotopach, których wzajemna proporcja informuje o temperaturze w okresie osadzania kalcytu, podobnej do tej, jaką uzyskuje się z badania (identyfikacji) otwornic w osadach głębokomorskich i z rdzeni lodowych. Inną metodą datowania osadów jest metoda uranowa i torowa, które pozwalają na rekonstrukcję zmian temperatury w ciągu około 500 000 lat wstecz.

1.8. Ewolucja środowiska kulturowego człowieka

Paleolit

Okres pradziejów od czasów w których człowiek zaczął wytwarzać pierwsze kamienne narzędzia do końca ostatniego zlodowacenia (około 14 000 lat temu), nazywany został **paleolitem (wiek kamienia łupanego)**. Tworzą go trzy okresy: dolny,

środkowy i górny paleolit. Koniec jednego okresu i początek następnego określany jest na podstawie charakteru wytwarzanych narzędzi.

Pierwsze narzędzia, znalezione w Etiopii oraz w Kenii, są datowane na około 2,5 mln lat B.C. Określane są mianem narzędzi I typu, czyli narzędzi prymitywnych. Składają się na nie narzędzia łupane i ciosane. Pojawiły się pierwsze małe skrobaki, odłupki, topory i tłuki pięściowe, rdzeniaki. Skrobaki i odłupki wykąnczano metodą retuszu i przymocowywano do kościanych lub rogowych trzonek. Odłupki pozwoliły odrywać skórę, aby dostać się do mięsa. Pięściaki, będące udoskonalonymi odłupkami, mogły być wykorzystywane do krojenia tusz zwierząt lub łamania kości w celu wydobycia szpiku. Praczlówek wykonywał prymitywne włócznie, gdy nauczył się ostrza kamienne przytwierdzać do drewnianych drzewców.

Koniec okresu dolnego paleolitu to pojawienie się technik **paleolitu środkowego** – narzędzi dwustronnych, datowanych na okres około 350 000 ÷ 200 000 lat B.C. Valoch (1994) sugeruje, że *przekształcenie się technik dolnego paleolitu mogło nastąpić pod wpływem powstania trzeciego znacznego zlodowacenia – Rissu*. Około 40 000 lat B.C. wykształciła się IV i V technika wyrobu narzędzi. Tym samym rozpoczął się **górnny paleolit**. Dalszy rozwój techniki pozwolił na uzyskanie regularnych wiórow (narzędzi trących) i odłupków, których długość co najmniej dwukrotnie przekraczała szerokość. Powstały nowe narzędzia, jak: groty i igły, harpuny, strzały, łuki.

Fazy udoskonalania narzędzi świadczą o **transformacji związków między człowiekiem a środowiskiem – człowiek stanął u progu technicznej i kulturowej przemiany**. Jednocześnie nastąpiły zmiany ewolucyjne linii człowiekowatych prowadzące do powstania *Homo sapiens*. Tworzenie wspólnot i doskonalenie języka pozwoliło na wykształcenie więzi społecznych w obrębie rodziny i rodu. Wyodrębniła się lokalne tradycje przemysłowe *pierwszy raz w prehistorii nowych idei* (Lewin, 1993).

Górny paleolit jest przejściem do nowych form aktywności człowieka, odróżniających *Homo sapiens* od *Homo sapiens sapiens*. Gatunek ludzki ostatecznie się ukształtował w wyniku długiego procesu adaptacji do nieprzyjaznych warunków epoki lodowcowej.

Człowiek nauczył się udomawiać niektóre rośliny i zwierzęta: **człowiek zaczął ingerować w środowisko poprzez rolnictwo**.

Dowody wykorzystywania środowiska naturalnego w paleolicie są bardzo skromne, ale główne zmiany postępowały zgodnie z rozwojem biologicznym i społecznym. Człowiekowaci nauczyli się wykorzystywać zasoby naturalne: polowali grupowo na zwierzęta i zajmowali się rybołówstwem, zbierali owoce jakie dawało otoczenie przyrodnicze. Zmarłych odprowadzali na miejsca spoczynku na łożu zrobionym z materiału roślinnego, a kwiaty dołączali jako „grobowe dary”.

Kiedy pojawiły się prymitywne narzędzia, jak kilofy z rogu jeleniego, praczlówek przeszedł od zbierania odłamków kamieni do wydobywania ich sposobem górniczym. Rozpoczął się **okres górnictwa kamienia**.

Mezolit

Mezolit był okresem w dziejach Ziemi stanowiącym przejście między starszą epoką kamienia łupanego a epoką kamienia gładzonego. Dlatego trwał krótko – zaledwie od 10 000 do 5 000 lat B.C. Obejmuje on wczesne polodowcowe techniki obróbki kamienia w strefach umiarkowanej i borealnej, jako odpowiedź na zalesienie środowiska. Najsilniej zaznaczył się w Europie. Na innych obszarach paleolit ustąpił miejsca bezpośrednio neolitowi.

Wczesny człowiek prowadził „odkryty” tryb życia na obszarach otwartych. Musiały więc zaistnieć okoliczności, które zmusiły go do zasiedlania obszarów leśnych. Mogły to być: wzrost populacji, a tym samym zmniejszenie ilości pożywienia roślinnego i zwierzęcego na przestrzeniach otwartych lub walki plemienne. Narodziny rolnictwa wymagały narzędzi do przygotowania gleby pod uprawy, takich jak już wytwarzane drewniane motyki i kilofy. Zasiedlanie lasów wymagało ich karczowania, więc typowymi narzędziami tego okresu stały się także groty strzał, tasaki i toporki. Przymocowane do drzewc, mogły służyć do wycinania drzew, wytwarzania łodzi, wiosel, uprawy gleby i innych prac polowych. Człowiek mezolitu potrafił już poddawać obróbce skóry zwierzęce o czym świadczą: rylce, szydła i drapacze.

Naturalne środowisko przyrodnicze ulegało coraz większym przemianom. Obecność cząstek węgla w odnalezionych miejscach bytowania *Homo sapiens sapiens* świadczy o ogromnej roli jaką ogień pełnił we wczesnym holocenie w życiu osadników. Ludzie mezolitu potrafili w sposób kontrolowany używać ognia, m.in. do wypalania lasów, co stanowiło jedną z głównych technik oddziaływania na środowisko. Karczowali lasy pod nowe osady, karczowali naturalną szatę roślinną pod uprawę pól.

Mezolit jest tym okresem w dziejach zmian środowiska Ziemi, w którym człowiek ze swoją myślą kreacyjną i techniczną zaistniał na tyle aktywnie, że pewne gatunki lasów zaczęły zanikać już w neolicie. Nieodwracalne zmiany w ówczesnych ekosystemach były spowodowane także naturalnymi zaburzeniami w samych systemach bioróżnorodności, np. las pod wpływem naturalnych czynników środowiska zmieniał się w torfowisko, a obszary łąk w bagno.

Jednym z ważniejszych czynników zmian środowiska tego okresu jest rolnictwo. Początki nadejścia epoki rolnictwa nie są dokładnie znane, ale był to pierwszy milowy krok w dziejach rozwoju ludzkości. Ujawniła się tym samym wyraźna zdolność człowieka do przekształcania środowiska przyrodniczego. Rolnictwo rozwinęło się na bazie czynników środowiskowych i kulturowych, takich jak: wzrost liczby ludności i jej dążenie do gromadzenia nadwyżek żywności, a także przez zmiany klimatu prowadzące do zmian warunków przyrodniczych, grożących brakiem pożywienia z powodu giniecia niektórych gatunków roślin i wymierania zwierząt. Jako podstawowy pokarm wykorzystywano wówczas zwierzyinę dziką, korzystano z zasobów morskich oraz rzecznych i jeziornych, a także z pożywienia roślinnego, jak: żołądź, orzechy, owoce leśne itp. Konieczność przetrwania zmusiła ludzi do zmiany trybu życia na osiadły, który umożliwił uprawę pól oraz udomowienie i hodowlę roślin i zwierząt. Mezolit był okresem intensywnego udo-

mowiania roślin, będących praprzodkami dzisiejszych zbóż, i zwierząt, które dostarczały mięsa, mleka, skór, wełny, a także stanowiły siłę pociągową wykorzystywaną w uprawie roli i przy innych pracach rolniczych (pierwszym udomowionym zwierzęciem był pies).

Uprawa roli wymagała współpracy większych grup ludzi, co przyczyniło się do powstania zorganizowanych społeczności osiadłych – najpierw wsi (w ciągu pierwszych 2 000 lat mezolitu), później większych osiedli i miast (w ciągu kolejnych 3 000 lat epoki mezolitu), a wreszcie do rozwoju nowych technologii, systemów społecznych i ideologii. Człowiek mezolitu rozwijał się więc również kulturowo tworząc pierwsze skupiska w formie osad z zorganizowanym życiem społecznym – powstawały ludy osiadłe. Człowiek rozwijał się również artystycznie o czym świadczą znalezione wyroby z bursztynu, kości słoniowej czy naskalne ryty i malowidła. Mannion (2001) wysuwa wniosek, że już wówczas (w mezolocie) *związek między roślinnością, człowiekiem i władzą stał się ścisły, ponieważ nadprodukcja żywności przynosiła znaczne zyski*. Powiększanie się zasobów żywności umożliwiło dalszy, ogromny w tym czasie wzrost liczby ludności Ziemi.

Neolit

Neolit nie wystąpił na całym świecie i nie wszędzie jednocześnie. Pojawił się na Bliskim Wschodzie około 11 500 lat B.C. i był bezpośrednią kontynuacją kultury późnopaleolitycznej. Od paleolitu wyróżnia się pojawieniem ceramiki i wyrobem glinianych naczyń. Powstały krosna i rozwinęło się tkactwo.

W neolicie dominuje osiadły tryb życia, osady nabierają znaczenia społeczno-kulturowego i gospodarczego. Architektura domostw zmienia się na domy dwukondygnacyjne z małymi izbami o różnych kształtach i przeznaczeniu. Następuje wymiana wiedzy, nauki i techniki.

Nadal intensywnie rozwija się rolnictwo. Narzędzia rolnicze wzbogacają się o sierpy i motyki. Rozwinięte i już dobrze ukształtowane, a przy tym wydajne rolnictwo było czynnikiem, na którym powstawały wielkie prehistoryczne cywilizacje z gęsto zaludnionymi ośrodkami miejskimi, wydzielonymi strukturami władzy i podziałem pracy. Cywilizacje te opracowały własny system przekształcania środowiska, oparty na irygacji żyznych obszarów, nawadniania wodami wielkich rzek. Jednak naturalne zmiany klimatu (brak opadów, silne wiatry wywołujące erozje itp. zjawiska) zainicjowały w tym czasie proces pustynnienia.

Rozwój palenisk i pieców do wyrabiania ceramiki pozwolił na pierwsze próby wytopu metali. Po okresie górnictwa kamienia nastąpił **okres górnictwa metali rodzimych**, takich jak srebro, złoto, miedź. Ocenia się, że **wytop metali: miedzi, srebra i złota, rozpowszechnił się około 6 000 lat B.C. i ten moment uznawany jest za początek cywilizacji**. Rudy metali pozyskiwano początkowo metodą odkrywkową, urabiając odsłonięte pokłady skalne lub odsłaniając pokład przez zdjęcie wierzchniej warstwy gleby.

W tym okresie kultura osiągnęła znaczny stopień rozwoju i od tej pory możliwe jest określenie spójnych jednostek, czyli państw. Ten stopień cywilizacji dotarł do

Europy około 5 500 lat B.C., czyli po 5 000 lat, które upłynęły od początku neolitu na Bliskim Wschodzie do jego rozpowszechnienia się w Europie Zachodniej.

Epoka miedzi

Neolit w Europie zakończył się około 3 400 lat B.C., gdy opracowano technikę wytopu miedzi. Okres ten stał się prekursorem epoki brązu. Jednak odlewnictwo miedzi rozpoczęto na szeroką skalę już 8 000 lat B.C. na Bliskim Wschodzie i okres ten nazwano **epoką miedzi**. Oznacza on przejście od używania narzędzi kamiennych do odlewnictwa miedzi, a następnie wytwarzania i kucia w brązie, którego produkcja wymaga bardziej zaawansowanych technologii. Zróżnicowanie materiałów używanych do produkcji narzędzi, a tym samym ich udoskonalenie, zwiększyło możliwości ingerencji człowieka w środowisko.

Epoka miedzi nie trwała długo z uwagi na stosunkowo miękką, więc nietrwałą metal. Gdy opracowano technikę łączenia miedzi z arsenem i cyną, powstała nowa technologia, dzięki której uzyskano brąz. Rozpoczęto stosowanie prymitywnych metod wzbogacania kopalni.

Epoka brązu

Wprowadzenie nowych technologii (metod wytwórczych) pozwoliło na zwiększenie wachlarza oferowanych wyrobów, co wpłynęło na powstanie wyspecjalizowanych grup i powstanie **rzemiosła**. Epoka miedzi zapoczątkowała współzawodnictwo w odkrywaniu i zdobywaniu obszarów bogatych w rudy metali. W Chinach i Egipcie powstał nowy dział górnictwa – „wiertnictwo”, które polegało na wydobywaniu niezbędnych surowców przez wykonanie otworów wiertniczych w skorupie ziemskiej.

Zasoby naturalne środowiska wpłynęły na kierunki migracji prehistorycznych ludzi oraz na organizację ich życia społeczno-gospodarczo-kulturowego. Niektóre osady upadały, inne intensywnie się bogaciły, co doprowadziło do społecznego rozwarstwienia i ugruntowało ideę poszukiwania nowych zasobów i intensywnej ich eksploatacji. Spowodowało to wzrost wydobywania rud metali i intensywną produkcję brązu, na bazie których rozwinął się **handel**. Czynnikiem inicjującym była konieczność importowania miedzi lub cyny przez ośrodki produkujące brąz, które z uwagi na brak własnych zasobów naturalnych niejednokrotnie musiały korzystać z tej formy współpracy gospodarczej.

Epoka brązu to intensywny wzrost ingerencji człowieka w środowisko poprzez rozwój nowej dziedziny – **górnictwa rud metali**. Wprowadzono nowatorskie techniki wydobywania rud metali: srebra, złota, miedzi, cyny i odlewu stopów. Ślady prehistorycznych kopalni miedzi w Great Orme w Walii dowodzą, że były one *czynne przez około 1 000 lat, od 3 800 do 2 800 lat B.C., na obszarze wynoszącym około 24 000 m² z 5 km fragmentami korytarzy sięgających 70 m w głąb ziemi. Ośrodek ten był największym w ówczesnym świecie i miał znaczenie międzynarodowe* (Mannion, 2001).

Postępująca intensyfikacja rolnictwa w epoce brązu, między 45 000 a 25 000 lat B.C., wpłynęła na antropogeniczne zmiany środowiska przyrodniczego: nastąpiło

intensywne wylesienie obszarów wyżynnych i nizinnych, co z kolei doprowadziło do degradacji gleb, które traciły cenną ściółkę. Na terenach leśnych u stóp wzgórz nastąpiła przyspieszona sedymentacja osadów aluwialnych i koluwalnych (osuwi-skowych). Gleby i połacie leśne niszczone były przez rozwój pasterstwa i użytko-wania gruntów w ich sąsiedztwie. Erozja gleb została znacznie spotęgowana: gleba stawała się niestabilna i łatwo podlegała erozji wodnej i wietrznej, wpływając na niszczenie naturalnych skupisk bagiennych, na których osadzały się cząstki unoszo-nej przez wiatr gleby.

Badania paleośrodowiskowe dowodzą, że człowiek epoki brązu nauczył się podtrzymywać wysoki poziom składników mineralnych w glebie przez stosowanie nawozów naturalnych i ugorów – pozostawianie pól niezasianych co pewien czas. Wylesianie znacznych obszarów wynikało z ogromnego zapotrzebowania na drewno dla rozwijającego się budownictwa. Służyło ono także, jako podstawowy opał zarówno do palenisk domowych, jak i palenisk wytapiających rudy metali.

Handel, rolnictwo i metalurgia stały się czynnikiem wzrostu zamożności społeczeństw. Wzrost zamożności w epoce brązu przyczynił się do wyodrębnienia wielkich kultur: kreteńskiej, mykeńskiej, minojskiej, egipskiej.

Epoka żelaza

Epoka żelaza była kontynuacją rozwoju **górnictwa rud**. Około 4 500 lat B.C. rozpoczęto produkcję żelaza. Kolebką nowej technologii był Bliski Wschód. Podobnie jak w poprzednich epokach, początkiem nowej ery technologicznej i historycznej była produkcja wyrobów codziennego użytku ówczesnego człowieka.

Pierwsze znalezisko – żelazny sztylet – datowane jest na około 4 400 lat B.C. Żelazo stało się artykułem powszechnego użytku na Bliskim Wschodzie około 3 500 lat B.C., natomiast w Europie produkcja żelaza rozpowszechniła się około 2 500 lat B.C. Symptomaticznie pojawienie się epoki żelaza było pojawienie się mieczy i siekier z tego metalu. W czasach prehistorycznych i wczesnohistorycznych surowcem do produkcji żelaza była początkowo **ruda darniowa** (tzw. ruda łąkowa, obecnie nie eksploatowana). Była nią skała osadowa składająca się głównie z limonitu, z domieszkami substancji ilasto-mułkowej, szczątków roślinnych, niekiedy syderytu, wiwianitu i innych. Strukturę miała zwartą lub ziemistą, tworzyła warstwy albo konkrekcje barwy brunatnej lub czerwobrunatnej w wyniku wytrącenia związków żelaza ze współudziałem bakterii na podmokłych łąkach i torfowiskach, bagnach (ruda bagienna) i w jeziorach (ruda jeziorna).

Żelazo poznane było wcześniej, a późny rozwój technologii wiąże się z koniecznymi do zapewnienia wytopu rudy temperaturami. Paleniska i piece służące do wytopu brązu nie zapewniały warunków dla uzyskania temperatury na tyle wysokiej, by uzyskać stop żelaza. Żelazo uzyskiwano w procesie dymarkowym. Pierwotnie (około 3 500 B.C.), do wytopu żelaza służyło ognisko dymarskie, którym było zagłębienie w glebie, wyłożone gliną, którą wypalano. W Europie ogniska takie były w użyciu od około 1000 B.C., na terenie Polski od IV A.D. Następnie budowano niskie kamienne piece szybowe lub paleniska, przypominające obecne ogniska

kowalskie. Powietrze do pieca dymarskiego wdmuchiowano za pomocą miechów. Podstawowym opałem do otrzymywania żelaza z rud był węgiel drzewny. Z uzyskanej w dymarce bryły żelaza gąbczastego usuwano żużel przez przekuwanie. W wyniku dalszej ewolucji pieców dymarskich, związanej m.in. ze zwiększeniem wysokości szybu, powstał wielki piec, którego dalsze udoskonalanie doprowadziło do zaniechania budowy dymarek. Liczne zabytki hutnictwa miedzi, cynku, srebra, żelaza występują m.in. w Egipcie, Hiszpanii, Azji Mniejszej.

Na początku V wieku B.C. eksploatowano żyły srebra, głęboko sięgającego minerału – galeny (siarczek ołowiu zawierający domieszkę srebra). Srebro ekstrahowano, podgrzewając rudę i stosując kupelację: roztopiony metal podgrzewano w zbiorniku z gorącym powietrzem, aby oddzielić ołów w postaci tlenku, pozostawiając srebro (kopalnia Lawrion w Attyce). Innym metalem, cennym szczególnie w czasach rzymskich, intensywnie poszukiwanym, wydobywanym i wytapianym był ołów. Jego ówczesna produkcja zwiększyła się tak, że przyczyniła się do wzrostu stężenia ołowiu w powietrzu. Na podstawie analizy rdzeni grenlandzkich stwierdzono, że w ciągu 800 lat na Grenlandii osadziło się około 400 ton tego metalu (S.M. Hong i inni, 1994), co odpowiada 15% zwiększeniu stężenia ołowiu przez ostatnie 100 lat, wynikającemu z używania benzyny ołowiowej.

Epoka żelaza to okres intensyfikacji zmian środowiskowych, a na określonych obszarach jest to czas adaptacji człowieka do określonych zmian klimatycznych i idących za nim naturalnych zmian (warunków) środowiska i zmian kulturowych. Wytop metali zintensyfikował wyręb lasów dla uzyskania drewna opałowego. Drewno służyło nadal jako podstawowy opał w gospodarstwach domowych oraz jako materiał budowlany. Jego intensywne pozyskiwanie doprowadziło do zaburzeń w ekosystemach leśnych, które wystąpiły już między 45 rokiem B.C. a 64 rokiem A.D.

W nowej epoce powstają starożytne cywilizacje: w Mezopotamii istniała już około 3 500 B.C., w Egipcie około 3 200 lat B.C., w Chinach około 2 500 lat B.C. Społeczności te odznaczały się wieloma cechami wspólnymi: stworzyły miasta, pismo, wielkie budowle publiczne i aparat administracyjny. Nadwyżki w produkcji rolniczej (będące wynikiem rozbudowy systemów irygacyjnych) umożliwiły zatrudnienie licznych grup ludzi poza rolnictwem – w rzemiośle i handlu. To z kolei doprowadziło do wyłonienia się klasy rządzącej, która skupiała w swoich rękach bogactwo wytworzone przez całą społeczność. W innych częściach świata powstają różnorodne grupy kulturowe: fenicka, etruska, buddyjska itp., które później zdominowane zostaną przez chrześcijaństwo i islam – około 563 ÷ 479 B.C.

W epoce żelaza umocniła się pozycja miast i jasno wyodrębniła się inna jednostka osadnicza – wieś (z których niewiele powstało na początku neolitu). Rozwój miast ściśle zależał od eksploatacji zasobów naturalnych. Karczowano pięknie ukształtowane w naturalny sposób wzgórza, na których stawiano fortece, zamki, warownie otoczone naturalnymi lub sztucznymi fosami wypełnionymi wodą.

Zmiana krajobrazu epoki żelaza polegała na wprowadzeniu własności ziemi, powstawaniu wielu rezydencji i dużych gospodarstw rolnych. Prowadzono produkcję rolną roślinną i zwierzęcą. W pobliżu siebie istniały grunty orne i pastwiska

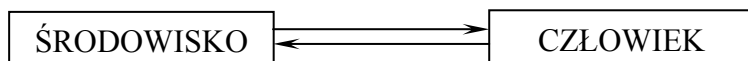
wzajemnie na siebie oddziałując. Charakter krajobrazu zmienił dodatkowo wzrost wydobywania surowców mineralnych, wytop metali, budowa szlaków komunikacyjnych, rozwój sieci osadniczej i upowszechnianie się rolnictwa.

Uprawy rolne osiągnęły w epoce żelaza na pewnych obszarach maksimum swej wydajności. Pozwoliło to na rozwój technologii innowacyjnych w rolnictwie, mających na celu odwrócenie procesu degradacji gleb lub jej zapobieganiu.

Lamb (1995) uważa, że w okresie od 3 000 lat B.C. do początku naszej ery nastąpiły istotne zmiany klimatyczne: na północnym-wschodzie klimat stał się bardziej wilgotny, na wschodzie początkowo suchy, z czasem przechodzący w wilgotny. Był to skutek wzrostu intensywności cyrkulacji zachodniej i ochłodzenia w Arktyce. W Alpach i w wysokich szerokościach geograficznych rozprzestrzeniły się lodowce, a wybrzeże morza Północnego nawiedzały częste sztormy i zalewały fale sztormowe. Około 2 500 lat B.C. panował klimat wilgotny, a wpływ wiatrów zachodnich znacznie osłabł.

Człowiek prehistoryczny prowadził nierównomierną i nieracjonalną oraz niezrównoważoną gospodarkę zasobami naturalnymi – pomimo że jego gospodarka zależała od zasobów środowiska. **Środowisko** w tych czasach **było postrzegane jako niewyczerpywalne**. Naturalne siły przyrody, które wyodrębniły gatunek hominidów, z upływem czasu znalazły się pod ich kontrolą. Umiejętność oddziaływania człowieka na środowisko powstawała przez wiele tysięcy lat, w których człowiek napotykał na opór środowiska, w którym żył. Opór ten polegał na „umieraniu” środowiska naturalnego, spadku żyzności i wydajności gleb, znacznej ich erozji, ale również na powrocie sukcesji rodzimej na terenach opuszczonych, czyli na odnawianiu dostępu do zasobów środowiska. Przyroda wyzwaliała siły samoregulacji eliminujące niszczyciela środowiska (człowieka) w postaci chorób cywilizacyjnych współczesnych mu epok, na które nie wynaleziono jeszcze antidotum.

W epoce żelaza zmiany ewolucyjne środowiska ujawniły sprzężenie zwrotne: człowiek oddziaływał na środowisko, lecz to samo środowisko oddziaływało na człowieka. Jeśli **zginie środowisko – zginie człowiek, który nie może żyć bez przyjaznego mu środowiska biotycznego: z niego czerpie swoją energię**.



Średniowiecze (lata 400 ÷ 1400 A.D.)

W średniowieczu najpowszechniejszą jednostką osadniczą była wieś, choć miasto pełniło istotne funkcje gospodarcze. W okresie od V do XVI wieku znacznemu przetrzebieniu uległy lasy intensywnie eksploatowane i targane sprzecznymi interesami ich użytkowników. Ludność osad wiejskich przekształcała lasy w pastwiska, o czym świadczą zespoły pyłkowe charakterystyczne dla roślinności typowej łąkom i pastwiskom. Depozycja substancji mineralnej świadczy o wzmożonej erozji z powodu zwiększenia areалу upraw rolnych i przestrzennego rozwoju miast. Zapoczątkowany wcześniej proces wylesiania prowadził do przekształcania coraz to innych terenów leśnych w pastwiska lub w mniejszym stopniu w grunty orne, na

których uprawiano zboża. Intensywna eksploatacja lasów w katolickiej Europie była również udziałem uczestników krucjat, którzy wykorzystywali drewno do budowy statków oraz węgiel drzewny do wytopu żelaza. Ciągła obecność węgla drzewnego (^{14}C) świadczy o korzystaniu z ognia.

Na innych terenach gwałtowny spadek ilości pyłków zbóż, przy braku śladów powtórnego zalesienia (czy samoistnej odnowy lasów) zbiorowisk otwartych mogą wskazywać na rozwój pasterstwa kosztem uprawy roli. Tutaj szczególną rolę w zmianie środowiska przyrodniczego odegrały licznie powstające w tym okresie klasztory, które intensywnie przekształcały dodatkowe powierzchnie Ziemi w pastwiska i grunty orne, łąki na paszę dla zwierząt (w wyniku hodowli owiec i bydła).

Wiele obszarów stanowiących naturalne tereny podmokłe, ze specyficzną florą i fauną, uległo zniszczeniu i na zawsze wyginęło z powodu ich osuszenia i przekształcenia w grunty orne lub pastwiska, czy zakładania na tych obszarach osad. Brzegi rzek i skraje bagien obwałowano, by ograniczyć wylewy i chronić okoliczne osady. Natomiast w rolnictwie wprowadzono nowe sieci kanałów i rowów odwadniających grunty rolne lub je nawadniających. Wprowadzono nową technologię rozdzielania wód rzek na stare i nowe koryta. Dotyczyło to zwłaszcza terenów zabagnionych, położonych poniżej poziomu wód powierzchniowych. W latach 1 100÷1 300 A.D. intensywnie wydobywano torf, który służył jako opał. Spowodowało to degradację środowiska naturalnego, erozję gleb i niszczenie torfowisk. Przyczyniło się to do powstania rozległych wyrobisk, które zostały następnie zalane wodą opadową i utworzyły sztuczne jeziora.

Rozwój **górnictwa rud metali** w środkowej Europie datuje się od XI w. Na początku XII wieku po raz pierwszy zastosowano w górnictwie proch do urabiania skał. W tym samym XII wieku w Europie rozpoczyna się rozwój nowego działu górnictwa, znanego już w czasach starożytnych w Chinach i Egipcie – **wiertnictwa**. W Europie pierwsze wiercenia wykonane były we Włoszech, Francji i w Rosji.

Wiek XV÷XVII

Zmiany w rolnictwie mogły mieć wpływ na zmiany składu chemicznego atmosfery. Badania rdzeni lodowych dowodzą, że od XVI wieku rosła w atmosferze ilość metanu. Czynnikiem emitującym metan była prawdopodobnie hodowla trzody, spalanie biomasy i nawadnianie pól (irygacja) prowadzące do zagniwania materii organicznej.

W XV i XVI wieku (lata 1 400 ÷ 1 750) nastąpił postęp w metalurgii. Przemysł ten rozwijał się najpierw w oparciu o energię wodną i węgiel drzewny. Pierwsze piece do wytopu metali stanowiły otwarte paleniska, w których ogień rozdmuchiwany był przez wiatr i które musiały stać w odpowiednim miejscu. Często były przyczyną pożarów, które wyludniały okolice i pustoszyły środowisko naturalne.

Od V do XVI wieku nastąpiły innowacje techniczne, które wprowadziły piece hutnicze z ogniem podtrzymywanym za pomocą miechów. Miechy poruszane były przez koła wodne, więc ośrodki wytopu lokalizowane były w pobliżu źródeł energii wodnej. Tego typu piece mogły już posiadać ogromne paleniska, co umożliwiło

wytop dużych ilości żelaza. Piece te były przyczyną karczowania lasów, wymagały bowiem dużych ilości opału. Bechman (1990) informuje, że w średniowieczu *aby otrzymać 1 kg węgla drzewnego, trzeba było zużyć od 8 do 10 kg drewna, a uzyskano tyle energii, ile dostarczało 1,67 kg drewna (...), a więc używanie drewna do produkcji węgla drzewnego powodowało, że trzeba było go 5 razy więcej, niż by zużyto opalając piece bezpośrednio drewnem. Na wyprodukowanie 1 tony oczyszczonego żelaza używano ponad 65 m³ drewna. Z zagajnika można było uzyskać 85 m³ drewna z 1 ha co 16 lat.*

Średniowiecze zapoczątkowało wytop szkła i wydobywanie soli, choć na niewielką skalę. Proces ten był jednak podstawą rozkwitu przemysłu w późniejszych epokach. Także średniowiecze było okresem, w którym zaistniało wydobywanie węgla. Według Glanniego (1990) w latach pięćdziesiątych XVI wieku jedynym regionem, w którym wydobywano węgiel na znaczną skalę, była północno-wschodnia Anglia. Roczne wydobywanie węgla wynosiło wówczas około 40 000 ton, na początku XVII w. wzrosło do 80 000 ton, a w początkach XVIII wieku wydobywano już 1 400 000 ton rocznie. Wydobywanie węgla, stanowiącego źródło energii, rosło z uwagi na braki w zaopatrzeniu w drewno, co stawiało pod znakiem zapytania dalszy rozwój gospodarczy i techniczny regionów i krajów. Do transportu węgla wykorzystywano drogi lądowe, wodne, śródlądowe i morskie. Miejsca wydobywania nowego źródła energii stały się miejscami intensywnego rozwoju, który wpłynął na upadek gospodarczy lub zahamowanie rozwoju jednych osad i powstanie dużych aglomeracji w innych miejscach środowiska naturalnego. Nowe źródło energii było czynnikiem intensyfikującym rozwój techniki i przemysłu. Dla ludności przemysł stopniowo stawał się podstawą utrzymania – kosztem rolnictwa.

Przyjmuje się, że **górnictwo było prekursorem intensywnego rozwoju techniki** i specjalistycznego sprzętu. Wiele cennych danych o stanie górnictwa na przełomie XV i XVI wieku dostarczyły prace G. Agricoli. W górnictwie nastąpił postęp w rozwoju technik eksploatacji potrzebnych surowców: ustalono zasady udostępniania złóż w zależności od warunków ich zalegania. Oprócz wyrobisk pionowych rozpowszechniły się techniki wydobywania z wyrobisk pochyłych i poziomych. Pojawiły się pierwsze pompy do odprowadzania wody z kopalni oraz miechy ssące i tłoczące do wentylacji kopalń. Węgiel zlokalizowany na głębokich pokładach wymagał użycia odpowiedniego wyposażenia technicznego (sprzętu, narzędzi) szczególnie pomp do odprowadzania wody i odgazowywania pokładów. Udoskonalono techniki wydobywania urobku na powierzchnię, wprowadzając ręczne kołowroty zaopatrzone w koło zamachowe, które później zastąpiono kołem wodnym pełniącym funkcję silnika. Znaczny postęp nastąpił w transporcie górniczym. Pojawiły się jednokołowe taczki, następnie wózki poruszające się na specjalnym poszyciu drewnianym. Wprowadzono również transport konny.

W XVII wieku górnictwo węgla i soli oddzieliło się od rolnictwa i stało się niezależną gałęzią przemysłu.

W średniowieczu człowiek pierwszy raz nieświadomie zareagował na zachodzące w szybkim tempie zmiany w środowisku. Reakcją na niszczenie środowiska,

rosnące wraz ze wzrostem liczby ludności i rozprzestrzenianiem się rolnictwa, było ustanowienie praw na użytki rolne. Prawo to opierało się na ustanowieniu lasów królewskich, czyli zamknięcie lasu określonymi granicami i administrowaniem obszaru przez specjalnych urzędników.

W średniowieczu powstawały pierwsze mapy, które odzwierciedlały intensywność eksploatacji obszarów leśnych. Do ich powstania skłaniała konieczność inwentaryzacji obszarów leśnych, które znikaly z powierzchni Ziemi, a za nimi zaczęły znikać pewne gatunki flory i fauny. Czynnikiem determinującym, który skłaniał ówczesnych rządzących do tego rodzaju kroków i zwracania uwagi na środowisko przyrodnicze, był także stopniowy lub gwałtowny spadek rzemiosł (do tej pory intratnych) w pewnych wsiach lub miastach i konieczność poszukiwania nowych terenów w celu ich odtwarzania w innych częściach środowiska.

W końcu epoki zachodziły gwałtowne zmiany społeczno-środowiskowe. Powstawały liczne ośrodki miejsko-przemysłowe, zmieniał się krajobraz wiejski, ludność intensywnie migrowała do miast. Powolny, ale występujący postęp techniczny wpływał na powstawanie ośrodków specjalizujących się w ówczesnych rzemiosłach, takich jak kowalstwo czy wytop żelaza. Ośrodki te rozwijały się w pobliżu naturalnych złóż rud żelaza i innych metali (ołowiu, cyny) oraz nad rzekami o głębokich korytach w celu uzyskania niezbędnej energii wodnej napędzającej młoty i młoty. Drugim czynnikiem była bliskość ośrodków dostarczających węgiel drzewny.

Ekosystem miejsko-przemysłowy opierał się już na naturalnych paliwach kopalnych. Paliwa te przysparzały ludności dostatku, ale z drugiej strony powstawały przy ich używaniu odpady i zanieczyszczenia, które zaczęły zagrażać globalnemu środowisku przyrodniczemu. Człowiek średniowiecza potrafił zagospodarowywać część odpadów, jakie były udziałem jego działalności wytwórczej. Ogromne ilości popiołu wykorzystywano m.in. do produkcji mydła, szkła, a nawet do wypieku ciast. Użyźniano nim grunty rolne, gdyż popiół z produkcji węgla drzewnego zawierał różne związki mineralne, np. potas, fosforyty i zasady.

Średniowiecze zapoczątkowało ekspansję człowieka do Nowego Świata w wyniku odkryć geograficznych dokonanych przez ówczesnych Europejczyków (Portugalczyków, Hiszpanów, Wenecjan, Genuńczyków). Ekspansja ta doprowadziła do degradacji środowiska tych rejonów, będącej skutkiem ogromnego zapotrzebowania na bogactwa naturalne. Degradacja ta jest istotnym problemem dzisiejszej Afryki, Australii, Nowej Zelandii, Ameryki Północnej i Południowej. Spowodowała także zmiany społeczne rdzennej ludności (np. Aborygenów w Australii) oraz przekształcenie krajobrazu skolonizowanych obszarów. Szacuje się, że równowaga między gospodarczymi działaniami ludności tych kontynentów a potrzebami środowiska naturalnego trwała do lat osiemdziesiątych XIX wieku. *Naruszyły ją wpływy kolonialne, zawleczone choroby, wojny, a szczególnie zaszczepienie nieprzyjaznej środowisku formy stosunków między człowiekiem a przyrodą* (Mannion, 2001) oraz wprowadzenie obcych gatunków roślin uprawnych i zwierząt.

Czynnikiem stymulującym ekspansję człowieka na nowe kontynenty była potrzeba osiągnięcia zysków i zagwarantowania ciągłości dostaw poszukiwanych produktów, nowych lub tych już wyeksploatowanych w rodzimych krajach Europy.

Wiek XVIII

Wiek XVIII jest epoką **rewolucji przemysłowej**. Przemysł stał się głównym czynnikiem zmian zachodzących w środowisku. Atmosfera, hydrosfera i litosfera podlegały bezpośredniemu i pośredniemu wpływowi industrializacji i wysokiej gęstości zaludnienia charakterystycznej dla obszarów miejsko-przemysłowych.

Przełom wieku XVII i XVIII wniósł kolejne innowacje techniczne do górnictwa. Wprowadzono ulepszone rodzaje obudowy kopalnianej, drewniane szyny z metalową nakładką, czterokołowe wozy torowe, maszynę parowo-powietrzną do pompowania wód kopalnianych (wynalezioną w 1705 r.). W drugiej połowie XVIII wieku nastąpił rozkwit górnictwa węgla kamiennego oraz wprowadzono udoskonaloną, wciąż nową jeszcze technikę – wiertnictwo.

Energię pozyskiwano głównie z paliw kopalnych, co wpłynęło na znaczne i niekorzystne przeobrażenie środowiska naturalnego. Wykorzystywanie paliw kopalnych uważa się obecnie za podstawową przyczynę globalnego ocieplenia klimatu oraz uszczuplenie warstwy ozonu stratosferycznego.

Wiek XIX

Ekosystemy wytwarzające żywność są ekosystemami naturalnymi, zasilanymi energią słoneczną i tylko częściowo jest ta energia uzyskiwana z innych źródeł. Ekosystemy XIX i XX wieku musiały stać się wydajniejsze, aby zaspokoić zapotrzebowanie na produkty codziennego użytku i żywność. Rolnictwo skomercjalizowało się i uprzemysłowiło. Tym samym uzależniło się od gospodarczego rozwoju przemysłu. Przemysł dostarczał narzędzi ułatwiających pracę na roli i nawozów sztucznych, pozwalających na zwiększenie produkcji żywności. Postęp techniczny i naukowy między 1820 a 1850 rokiem, przyczynił się do powstania nawozów sztucznych, które wyparły nawozy naturalne. W celu zwiększenia plonów i efektywności hodowli, wprowadzono do użytku chemiczne środki ochrony roślin, stanowiące podstawę nowoczesnego rolnictwa. Skracano okresy ugorowania, powodując zmniejszenie ilości naturalnych składników odżywczych w glebie. W drugiej połowie XIX wieku nastąpiła intensywne mechanizacja rolnictwa. Także w XIX wieku naukowcy rozpoczęli doświadczalną hodowlę odmian roślin i zwierząt o pożądanych cechach, obecnie określanych jako organizmy genetycznie modyfikowane – GMO.

Zmiany technik rolniczych wpłynęły na intensywne przekształcenie krajobrazu wiejskiego i otaczającego miasta. Zmechanizowane uprawianie pól zwiększyło degradację gleb, ich erozję wodną i wietrzną, wyginięcie wielu gatunków roślin i zwierząt śródpolnych. Spowodowało także wycinkę drzewostanu na miedzach rozdzielających pola, co doprowadziło do wyginięcia na określonych obszarach rdzennych zbiorowisk i siedlisk bioróżnorodności. Uprzemysłowienie rolnictwa, początkowo

skuteczne i efektywne, stało się zaczątkiem późniejszych, poważnych problemów środowiskowych XX wieku (Tabela 4. i 5.).

Intensywnie rozwijał się przemysł przetwórczy: ciężki i lekki w celu zaspokojenia potrzeb bytowych ludzi. Przemysł przyczynił się w największym stopniu do poważnego zakwaszenia środowiska naturalnego. Rozwój przemysłu wpłynął na powstanie kolei, która, obok rozrastającej się linii dróg, pochłaniała nowe polacie środowiska naturalnego. Stopniowo transport kolejowy zastępował transport

Tabela 4. Prawdopodobne tempo wymierania gatunków roślin i zwierząt; gatunki szczególnie zagrożone wyginieciem (Mannion, (2001))

I. Szacunki wymierania według różnych autorów*				
0,2 ÷ 0,3% wszystkich gatunków rocznie			Wilson (1988)	
5 ÷ 15 gatunków leśnych do 2020 roku			Reid i Miller (1989)	
2 ÷ 8% straty w latach 1990 ÷ 2015			Reid (1992)	
2 ÷ 3% gatunków lasów deszczowych w ciągu 10 lat			Ehrlich i Wilson (1991)	
50 ÷ 100 gatunków dziennie			Myers (1993)	
10 000 ÷ 20 000 gatunków rocznie			Stork (1993)	
0,04% zwierząt i 0,2% roślin od 1600 roku			Smith i inni (1993)	
II. Ptaki i rośliny wyższe**				
Kraj	Całkowita liczba gatunków ptaków	Liczba zagrożonych gatunków	Całkowita liczba gatunków roślin wyższych	Liczba zagrożonych gatunków
Grecja	398	9	4 900	539
Portugalia	441	7	2 500	240
Hiszpania	506	10	–	896
Wielka Brytania	590	2	1 550	28
Stany Zjednoczone	768	46	16 320	1 845
Kanada	578	5	2 920	649
Australia	751	51	15 000	1 597
Nowa Zelandia	287	45	2 160	236
III. Gady i płazy				
Kraj	Całkowita liczba gatunków gadów	Liczba zagrożonych gatunków	Całkowita liczba gatunków płazów	Liczba zagrożonych gatunków
Francja	32	2	32	2
Włochy	40	3	34	9
Japonia	66	10	52	11
Bułgaria	33	1	17	0
Republika Południowej Afryki	299	36	95	16
Wielka Brytania	8	0	7	0
Stany Zjednoczone	280	23	233	16
Australia	748	42	205	20

* Oznacza to utratę 1 ÷ 11% gatunków w ciągu dziesięciu lat

** II i III na podstawie danych Instytutu Zasobów Światowych (1996)

– Brak danych

Tabela 5. Zmiany użytkowania ziemi po 1700 roku (Mannion (2001), za: Richards (1990); Hannah i inni (1994); FAO (1995), cytowane przez Instytut Zasobów Światowych (1996); Houghton (1994) – zmienione).

I. Zmiany pokrywy roślinnej			
Lata	Lasy [%]	Łąki i pastwiska [%]	Pola uprawne [%]
Dane globalne: 1700 ÷ 1980	-18,7	-1	466,4*
II. Cechy charakterystyczne krajobrazu			
Miejsce na Ziemi	Naturalny [%]	Częściowo zmieniony [%]	Znacznie zmieniony [%]
Europa	15,6	19,6	64,9
Azja	43,5	27,0	29,5
Afryka	48,9	35,8	15,4
Ameryka Południowa	62,5	22,5	15,1
Ameryka Północna	56,3	18,8	24,9
Australia	62,3	25,8	12,0
Świat: cała powierzchnia lądu	51,9	24,2	33,9
Świat: bez skał, lodu itp.	27,0	36,7	36,3
III. Zmiany zasięgu lasu			
Miejsce na Ziemi	Powierzchnia lasów w 1990 roku [10 ⁶ ha]	Procentowa zmiana powierzchni lasów w latach 1981 ÷ 1990**	Procentowa zmiana powierzchni lasów naturalnych w latach 1981 ÷ 1990
Afryka międzyzwrotnikowa			
Azja międzyzwrotnikowa i Oceania			
Międzyzwrotnikowa Ameryka Południowa	529,82	-7,0	-7,2
i Region Karaibski	338,03	-6,7	-11,1
Obszary międzyzwrotnikowe (łącznie)	924,19	-7,2	-7,5
Strefa umiarkowana w Afryce	1792,03	-7,1	-8,1
Strefa umiarkowana w Azji i Oceanii	15,27	-4,2	-9,4
Strefa umiarkowana w Ameryce Łacińskiej	159,33	5,2	-3,4
Kraje strefy umiarkowanej (rozwijające się)	43,28	-4,7	-6,2
	217,88	2,4	-4,5
IV. Tempo wzrostu pól uprawnych			
Rok	Obszary strefy umiarkowanej [10 ⁶ ha/rok]	Obszary strefy międzyzwrotnikowej [10 ⁶ ha/rok]	Globalnie [10 ⁶ ha/rok]
1850	1,6	1,5	2,4
1900	1,8	3,0	5,8
1950	9,0	4,0	14,0
1970	4,0	7,0	11,0
* Na wzrost powierzchni pól uprawnych składają się przyrosty: 6 700 % w Ameryce Północnej, 1 930 % w Ameryce Łacińskiej, 1 280 % w Azji Południowo-Wschodniej, 1 060 % w Australii			
** Zawiera plantacje leśne, których powierzchnia powiększa się.			

wodny kanałami, zapewniając dostęp do najbardziej nawet oddalonych obszarów. Transport wodny wiązał się z regulacją ich koryt, budowaniem śluz i zapór.

W XIX wieku burzliwy rozwój gospodarczy miast (różnych gałęzi przemysłu, przy jednoczesnym rozwoju handlu światowego) uzależnił się od wydobycia i wykorzystania paliw kopalnych oraz innych surowców mineralnych. Na początku XIX wieku średnie roczne wydobycie węgla kamiennego i rud na świecie wynosiło 17 mln ton, a w 1860 roku przekroczyło już 225 mln ton.

W miastach pogorszyły się warunki życia. Było to skutkiem wzrostu liczby ludności migrującej ze wsi do miast i ich przeludnienia. Rosło zanieczyszczenie powietrza spowodowane używaniem węgla kamiennego jako opału w zakładach przemysłowych i w gospodarstwach domowych. Do zanieczyszczenia środowiska w miastach przyczyniły się w szczególności gospodarstwa domowe, które odchody i odpady bytowe wyrzucały bezpośrednio na wąskie uliczki. Powodowało to poważne zagrożenie sanitarno-epidemiologiczne i w minionych już wiekach było przyczyną wielu epidemii, które wyludniały całe miasta i wsie.

Od początku XIX wieku następuje intensyfikacja rozwoju techniki wiertniczej na bazie intensywnego poszukiwania i eksploatacji wody i ropy naftowej (w Europie i Ameryce Północnej). Pierwsze metody wiercenia oparte były na technice żerdziowej, a następnie udarowej. W drugiej połowie XIX wieku rozpoczął się intensywny rozwój górnictwa kopalni ciekłych. Jego zaczątkiem była przeprowadzona przez Ignacego Łukasiewicza destylacja ropy naftowej w 1852 roku. W tym samym 1852 r. Faucelle, francuski inżynier, wprowadził do techniki wiertniczej *novum* – płuczkę wiertniczą do oczyszczania dna otworów wiertniczych w udarowym wierceniu żerdziowym. W górnictwie wielu krajów zaczęto stosować maszyny parowe do napędzania urządzeń wyciągowych.

W XIX wieku zindustrializowany krajobraz zaczął budzić grozę, szczególnie: *brudny i odmienny krajobraz kopalń węgla, szybów, hałd i labiryntu szyn oraz kopalnianych kolejek z otaczającymi je osiedlami górniczymi zawsze pokrytymi grubą warstwą węglowego pyłu* (Thompson, 1985). Zagłębia węglowe, które już istniały, rozrastały się – i wciąż powstawały nowe w miarę poszukiwania i odkrywania nowych pokładów energii w różnych częściach Europy i świata. Powstawały hałdy odpadów, które poddawane były silnej erozji wodnej i wietrznej zanieczyszczając wody, gleby i atmosferę. Bezpośrednie oddziaływanie przemysłu na środowisko wiązało się głównie z eksploatacją zasobów naturalnych. W drugiej połowie XIX wieku rozpoczęto ich wydobycie spod dna morskiego.

Intensywny rozwój przemysłu i komunikacji kołowej zasilanej paliwami kopalnymi przyczynił się do wzrostu stężenia metali ciężkich w środowisku. Analiza stężenia metali ciężkich w rdzeniach arktycznych i antarktycznych pozwala na określenie wzrostu ich zawartości w okresie industrialnym w porównaniu do tła, czyli wartości przedindustrialnych. Od początku XIX wieku do połowy lat sześćdziesiątych XX wieku na Grenlandii nastąpił znaczny wzrost stężenia ołowiu i kadmu, cynku i miedzi (Boutron i in., 1995). Najbardziej wyraźny jest wzrost stężenia ołowiu, szczególnie od 1940 r. z powodu dodawania go do benzyny jako substancji

przeciwstukowej. Po wprowadzeniu paliwa bezołowiowego po 1960 r. stężenie ołowiu zaczęło spadać, co odzwierciedla także jakość powietrza. Badania wykazują, że około 99% ołowiu w polarnych czapach lodowcowych pochodzi z emisji antropogenicznej, a nie ze źródeł naturalnych, jak np. pył unoszący się z ziemi lub działalność wulkaniczna. Podwyższone stężenie metali ciężkich stwarza zagrożenie dla ekosystemów i zdrowia człowieka.

Koniec wieku XIX był początkiem tworzenia się nowej dziedziny jaką jest obecnie przestrzenny rozwój miast i wsi oraz konieczność sporządzania przestrzennych planów zagospodarowania terenu.

Wiek XX ÷ XXI

Na przełomie XIX i XX wieku nastąpił kolejny rozwój górnictwa, a jego efektem było wprowadzenie energii elektrycznej do napędu maszyn górniczych. W 1901 roku po raz pierwszy zastosowano wiercenia obrotowe w Stanach Zjednoczonych (Amerykanin J.F. Lucas), która to metoda szybko rozpowszechniła się na całym świecie.

Początek XX wieku to także intensywne mechanizacja i automatyzacja górniczych procesów produkcyjnych, głównie etapu urabiania i transportu. Wprowadzone zostały do górnictwa nowe typy maszyn. Szczególnie istotną cechą nowych maszyn i urządzeń jest ich wszechstronność i wielozadaniowość, jak na przykład zdalne sterowanie taśmowe czy zgrzeblowe przenośniki urobku. Urabianie prowadzi się przy zastosowaniu materiałów wybuchowych, wręboladówek, strug (wyciągów), kombajnów. Rozwijająca się myśl techniczna modernizuje urządzenia transportowe w kopalni oraz urządzenia wyciągowe (wydobywcze urobku) w szybach.

Obecnie badania naukowe zmierzają do ustalenia metod zagospodarowania okręgów górniczych, likwidacji nierentownych kopalń, uzasadnionej modernizacji technicznej i ekonomicznej strony kopalń najbardziej efektywnych w przemyśle górniczym. Dąży się także do racjonalnej i bezpiecznej metody eksploatacji oraz do określenia rodzaju odpowiednich maszyn do urabiania, ładowania i transportu kopaliny. Rozwój górnictwa zmierza do zrównoważonego w skali nie tylko krajowej, ale i światowej, mając na uwadze jak najmniejsze oddziaływanie na środowisko zewnętrzne. Górnictwo w dobie przełomu wieków kieruje się w stronę rekultywacji obszarów górniczych i oddawania jak największych ich części środowisku naturalnemu, w tym społeczności lokalnej.

1.9. Górnictwo w Polsce

Na terenie Polski początki górnictwa sięgają epoki kamienia, z której zachowała się kopalnia krzemienia w Krzemionkach. Obecnie stanowi ona rezerwat archeologiczny, jako jedna z największych w Europie neolitycznych kopalni krzemienia tzw. pasiastego, eksploatowana przez ludność kultury pucharów lejkowatych. Kopalnia ma powierzchnię około 400 ha, posiada ponad 700 pionowych szybów o średnicy około 10 ÷ 11 metrów i głębokości dochodzącej do około 11 metrów. Szyby połączone są wielokilometrową siecią podstemplowanych chodników. Kopalnia po-

siada otwory wentylacyjne, zachowane narzędzia górnicze, takie jak kilofy, kliny, motyki, młoty z rogu i kamienia.

Od najdawniejszych czasów wydobywano też niskoprocentowe rudy darniowe a świadectwem tego procederu są piecowiska sprzed I wieku A.D. w Górach Świętokrzyskich. Od wieku X rozpoczyna się etap warzelnictwa soli kamiennej w żupie wielickiej oraz eksploatacja rudy żelaza w Zagłębiu Staropolskim, puszczy Kurpiowskiej, na Podhalu i w Wielkopolsce.

Wiek XII to okres wydobywania rudy srebra i ołowiu w rejonie Bytomia, natomiast w okolicach Olkusza ich wydobywanie rozpoczęło w XIII wieku. Intensywny rozwój kopalń na tych obszarach nastąpił na przełomie XV i XVI wieku.

Wiek XIII to także początek rozwoju górnictwa złota na terenie Dolnego Śląska i Małopolski. Jego eksploatacja prowadzona była metodą szybową.

Eksploatacje rud miedzi rozpoczęto prawdopodobnie na obszarze terytorium polskiego dopiero w XV wieku (brak jest ścisłych informacji). Miejscem wydobywania były okolice Kielc, Tarnowskich Gór, Bytomia i Olkusza.

W XVI wieku rozpoczęto wydobywanie rudy ołowiu na Górnym Śląsku i siarki w Swoszowicach pod Krakowem.

Wraz z rozwojem górnictwa nastąpiło „wyzwalanie” górników, którymi początkowo byli niewolnicy, najemnicy, chłopcy pańszczyźniani. Stopniowo stawali się rzemieślnikami, otrzymywali specjalne przywileje i prawa. Łączyli się oni tworząc zrzeszenia wolnych górników zwane **gwarectwami**, a ich członków nazywano **gwarkami**. Pierwsze gwarectwa powstały na terenie ówczesnych Niemiec, skąd rozpowszechniły się na tereny Europy Środkowowschodniej. Pierwotnie gwarectwa zbliżone były do cechów. Na przełomie XIV i XV wieku zaczęły się przeradzać w spółki udziałowców dysponujących kapitałem, w których rękach znajdowały się kopalnie. Byli to głównie kupcy, szlachta i król – głowa państwa. Gwarectwa zajmowały się przede wszystkim organizacją eksploatacji, finansowały inwestycje oraz pozyskiwały robotników.

Górnictwo węglowe na terytorium Polski sięga początków XVI wieku, ale jego intensywny rozwój rozpoczął się dopiero w wieku XVIII. Zaczęto wówczas stosować węgiel kamienny w hutnictwie żelaza i metali nieżelaznych. Z tego okresu pochodzi też wiele kopalń, w których zastosowano filarową eksploatację, zaczęto wykonywać wrąb, wprowadzono żelazne szyny, transport konny. Kieraty i kołowroty służące do wyciągania urobku szybem zastępowano stopniowo parowymi maszynami wyciągowymi. W latach 1780 ÷ 1790 zaczęto stosować do urabiania skał czarnego prochu.

W 1818 roku na Górnym Śląsku pracowały już 24 kopalnie, które wydobywały około 162 tys. ton węgla, na Dolnym Śląsku pracowało około 30 kopalń, z których wydobywanie osiągnęło poziom 190 tys. ton węgla w skali roku. Dla porównania możliwości produkcyjnych kopalń może służyć kopalnia w Chorzowie „Król”, zaliczana do największych w Polsce w tym okresie, która wydobywała około 240 ton węgla dziennie.

Kolejna intensyfikacja rozwoju górnictwa związana jest z wprowadzeniem energii elektrycznej do napędu maszyn i urządzeń górniczych.

Nowy dział górnictwa – **wiertnictwo** – zapoczątkował wydobycie na terenie polskim ropy naftowej, co miało miejsce w drugiej połowie XIX wieku. W 1854 roku Ignacy Łukasiewicz założył w Bóbrce koło Krosna nad Wisłokiem pierwszą polską kopalnię ropy naftowej. Obecnie istnieje tam muzeum górnictwa naftowego.

W Polsce ręczne wiercenia udarowe wprowadzono w 1861 roku, a w 1867 zastosowano udarowe wiercenia linowe, napędzane maszyną parową. W roku 1884 wprowadzono udarowe wiercenia żerdziowe, a technika wiercenia otworów tą metodą sięgnęła lat trzydziestych XX wieku.

Pierwsze próby wierceń obrotowych w Polsce przeprowadzono w latach 1912 ÷ 1914 i 1921 ÷ 1924, jednak nie przyniosły one oczekiwanych efektów. Od roku 1930 wprowadzono je ponownie i od tej pory doskonalono metody płuczkowe, upowszechniając wiercenie otworów tą techniką.

Eksplorację gazu ziemnego rozpoczęto dopiero w okresie międzywojennym.

Gdzieś w połowie 1986 roku ludność świata osiągnęła 5 miliardów. Pomimo to, nie odbyły się żadne uroczystości dla uczczenia tego demograficznego kamienia milowego. Rzeczywiście, wielu ludzi, którzy się zastanowili nad tym faktem, gnębi uczucie niepokoju o utrwalającą się presję na lasy, glebę i inne systemy naturalne.

(Brown i Postel „State of the World 1987”)

Rozdział 2

HISTORIA EWOLUCJI OCHRONY ŚRODOWISKA GEOLOGICZNEGO

2.1. Evolucja nauk o ekologii i ochronie środowiska

Świat i Polska

Człowiek interesował się środowiskiem od chwili, gdy rozpoczął poszukiwania pokarmu. W zmiennych warunkach środowiska mógł przeżyć tylko dzięki znajomości funkcjonowania sił przyrody – ich wpływu i oddziaływania na rośliny i zwierzęta – nie tylko w skali dnia, miesiąca, ale pory roku i następujących po sobie lat. Dzięki poznaniu zależności pomiędzy organizmami żywymi oraz pomiędzy organizmami a środowiskiem ich bytowania mógł prowadzić ich kontrolowany rozwój.

Środowisko człowiek poznawał stopniowo, w miarę jak rozwijał się jego umysł, jak nabierał umiejętności postrzegania następujących po sobie zjawisk klimatycznych i przyrodniczych. Początkowo posługiwał się instynktem i zdolnościami organoleptycznymi (wzrok, smak, węch, dotyk), a zdobytą wiedzę i doświadczenie przekazywał kolejnym pokoleniom. Doskonalona przez stulecia wiedza o ekologii środowiska i wykształcenie umiejętności jego przekształcania otworzyły przed nim nieograniczone możliwości kreacyjne i innowacyjne.

Prawidłowy wpływ człowieka na rozwój środowiska przyrodniczego wymaga znajomości choćby tylko podstawowych zasad i praw działających i rządzących w przyrodzie. Prawa te określają siły fizyczne, chemiczne i biologiczne. Wczesny człowiek zauważył zależności pomiędzy nimi i stosunkowo wcześniej wprowadził pierwsze gospodarcze motywy ochrony środowiska, w którym żył. Wrażliwość ekologiczną wykazywali przede wszystkim ludzie światli, ciekawi otaczającej ich przestrzeni, ludzie chcący dociec istoty zjawisk niezrozumiałych: następstwa dnia i nocy, następstwa pór roku, a z nimi ginącej i na nowo odradzającej się przyrody oraz wielu innych zjawisk klimatycznych, przyrodniczych i krajobrazowych. Kolejny postęp objął analizę spostrzeżeń co do postępującego wykorzystania zasobów naturalnych do celów gospodarczych i pozostającą po tych działaniach zdegradowaną i porzucaną naturę, a dowody na to pochodzą już z X wieku B.C. z Chin. Stopniowo realizowano zadania chroniące środowisko. Na podstawie zgromadzonych dowodów ocenia się, że prawdopodobnie pierwsze zakazy wyrzucania śmieci do rzeki wprowadzono w starożytnym Rzymie, w V wieku B.C. (zakaz dotyczyć Tybru). W 500 roku B.C.

prawo ustanowione w Atenach wymagało składowania odpadów w wyznaczonych miejscach zlokalizowanych poza murami miasta. Z okresu średniowiecza pochodzą, wydane w wielu krajach ówczesnego świata, zakazy tępienia zwierząt lub niszczenia roślinności. Na przykład w 1639 roku władze kolonialne w Newport, Rhode Island (USA), ustaliły okresy ochronne dla polowań na jelenie, upatrując niebezpieczeństwa uszczuplenia zapasów zwierzyny. W XVII-wiecznej Szwecji ustanowiono prawo zakazujące „wyrębu i palenia” w celu oczyszczania gruntów – ten, kto złamał prawo, skazywany był na banicję do Nowego Świata.

Były to pierwsze kroki w kierunku ochrony gatunków drzewostanów, lasów czy zwierząt, może bardziej w ówczesnych latach związane z ekonomią i polityką gospodarczą władców. Była to jednak wskazówka do konkretnych działań dla następnych pokoleń. W 1985 roku New York (stan w USA) uchwalił Zasady Ochrony Źródeł Zaopatrujących w Wodę oraz Program Przepisów w celu ochrony populacji przed przenoszonymi przez wodę chorobami, takimi jak cholera czy dur brzuszny.

Współczesna nauka o środowisku rozwija się dzięki istotnemu wkładowi, jaki wnieśli wybitni starożytni przodkowie człowieka, którzy przez stopniowe poznawanie nauk matematycznych, fizycznych, chemicznych, biologicznych, medycznych a także filozoficznych zadawali pytanie: „Skąd się wzięło życie? Jak się życie rozwija? Jak środowisko wpływa na rozwój życia?”. Zmianami, jakie miały miejsce w skorupie ziemskiej interesowali się przede wszystkim filozofowie. Jednym z nich był Herodot (V w. B.C.), który w swych dziełach zamieścił uwagi na temat ruchów skorupy ziemskiej. Ruchy litosfery badał także Arystoteles (384–322 B.C.), który stworzył podstawy rozwoju m.in. nauk biologicznych. Uczeń Arystotelesa – Teofast (327–287 B.C.) w badaniach nad roślinami wykazał „ekologiczną” orientację, poprzez przyczynowy związek zbiorowisk roślinnych ze środowiskiem i wpływ klimatu, gleby i nawożenia.

Jednakże Grecy już przed Arystotelesem zgromadzili znaczną wiedzę o środowisku i jego wpływie na zdrowie ludzi. Zajmowali się nie tylko przyczynami trzęsień ziemi, ale i pochodzeniem skamieniałości.

Pliniusz Starszy (23–79 A.D.), wydał w 37 księgach dzieło „Historia Naturalis”, które do czasów Odrodzenia (XV–XVI A.D.) stanowiło główne źródło wiedzy, między innymi z zakresu przyrody żywej i nieożywionej, botaniki, zoologii, geografii, mineralogii, ciał niebieskich. Problematyką minerałów, głównie kamieni szlachetnych, zajmowali się przede wszystkim Arabowie. Wśród nich dominującą osobą był lekarz znany w Europie jako Jobn Sina Awicenna (980–1037 A.D.). Jego dzieło „Canon medicinae” było podstawą teorii i praktyki przez wiele stuleci średniowiecznej Europy.

W okresie średniowiecza w Europie w naukach panował zastój. Jednym z pierwszych nowożytnych badaczy był Leonardo da Vinci (1452–1519). Szeroki zakres jego zainteresowań obejmował również badanie skał. Zajmował się mechanizmem erozji powierzchni ziemi, tworzeniem się skał osadowych i skamieniałości.

W XVI wieku w dziedzinie geologii, górnictwa i metalurgii odnotować należy prace niemieckiego górnika, metalurga, mineraloga i humanisty, z zawodu lekarza

Georga Bauera Agricoli (1494–1555), zawarte w epokowym dziele „De re metallica”. W wieku XVII angielski badacz Robert Owen był pierwszym, który opisując budowę zagłębia węglowego, próbował ocenić wiek poszczególnych warstw i tworzyć stratyografię. Jego prace kontynuował Duńczyk Mikołaj Steno, rozszerzając badania na ustalenie chronologii występowania warstw innych formacji. W tym okresie odkryto, że temperatura skorupy ziemskiej wzrasta wraz z głębokością. Kartezjusz (Descartes René 1596–1650), francuski filozof i matematyk, sformułował pogląd o powłokowej budowie skorupy ziemskiej. Według niego wewnątrz ziemi to metaliczne, ognisto-płynne jądro otoczone wodą i powietrzem. Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716), niemiecki filozof i matematyk, pierwszy postawił tezę, że Ziemia pierwotnie była w stanie płynnym. Ale epokowym dziełem stała się „Histoire naturelle...”, francuskiego przyrodnika i filozofa Jerzego Buffona (1707-1788), w której zaprezentował się jako prekursor ewolucji, kładąc jej podwaliny. Postawił tezę, że Ziemia powstała wskutek zderzenia komety ze Słońcem. W historii Ziemi wyróżnia kilka okresów. W Rosji Michaił Łomonosow (1711–1765) przyrodnik, filozof, filolog i poeta, napisał „O warstwach Ziemi”, stwierdzając, że skorupa ulega zmianom w długich okresach czasu.

Geologia na ziemiach polskich w pierwszym tysiącleciu nie wyróżnia się niczym specjalnym, o czym świadczy stan górnictwa. Pierwsze pisane dowody na zainteresowanie mieszkańców tych ziem geologią pojawiają się na początku XVII wieku za sprawą Jana Jonstona, Polaka szkockiego pochodzenia i Wojciecha Tylkowskiego. W swoich pracach zajmowali się mineralogią i paleontologią. Fundamentalnym dziełem, wielokrotnie wznawianym i zalecanym w szkołach Komisji Edukacji Narodowej (powołana w 1773 r.), był pierwszy w języku polskim podręcznik mineralogii „Rzeczy kopalnych osobliwie zdatniejszych szukanie...” napisany przez Krzysztofa Kluka (1739–1796), księdza i przyrodnika.

Pod koniec XVIII wieku zaczynają powstawać pierwsze mapy geologiczne regionów, powstają akademie górnicze (Freiberg), gdzie po raz pierwszy (1780) prowadzi się wykłady z geologii. W 1782 r. w Polsce, w Uniwersytecie Jagiellońskim, zostaje utworzona Katedra Historii Naturalnej i Chemii, która prowadzi wykłady z elementami mineralogii i geologii. Powołana przez Stanisława Augusta Poniatowskiego (panował 1764–1795) Komisja Kruszcowa była pierwszym „ministerstwem” zajmującym się w ówczesnej Polsce geologią, górnictwem i hutnictwem. Stanisław August Poniatowski, sprawując opiekę nad rozwojem górnictwa w 1787 r. stworzył służbę geologiczną.

Za ojca polskich geologów uznaje się Stanisława Staszica (1755 – 1826), którego rozprawy z dziedziny geologii, opublikowane w dziele „O ziemioródtwie Karpatów i innych gór i równin Polski” (1815) wraz z mapą geologiczną Polski i krajów ościennych, będącą jedną z pierwszych tego rodzaju map na świecie, stanowiły pierwszą próbę syntetycznego ujęcia geologii Polski (dla porównania – pierwszą mapę geologiczną Europy wydrukowano w 1894 r., w Berlinie).

W 1816 r. w Kielcach zostaje powołana Szkoła Akademiczno-Górnicza, na której geologię od 1817 r. wykłada wybitny geolog zaproszony z Niemiec – Georg

Gottlieb Pusch (1790–1846), który później przyjmuje nazwisko Koreński – autor opisu geologii i paleontologii ziem polskich leżących na północ od Karpat.

W 1819 r. William Smith (1769–1839), angielski inżynier, geolog i paleontolog, twórca podstaw stratygrafii i paleontologii stratygrafii, opisuje skały i znajdujące się w nich skamieniałości – zapoczątkowuje współczesną geologię.

Koniec XIX i początek XX wieku to narodziny nowych nauk: geofizyki i geochemii, które umożliwiają zwymiarowanie jądra Ziemi. Pojawiają się pierwsze towarzystwa geologiczne, a pierwszy ich kongres odbywa się w Paryżu w 1878 r. Prace geologiczne prowadzone są niemal na całym świecie, w tym przez Polaków. Wymienić tu należy: Czekanowskiego, Czerskiego, Bohdanowicza, Strzeleckiego, Domeykę. Odrodzenie państwa polskiego otwiera pełnię możliwości badania podłoża geologicznego Polski. Powstaje Państwowy Instytut Geologiczny, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie (1919), na wielu uniwersytetach pojawiają się wydziały geologii.

Wiek XVIII jest okresem przełomowym także w rozwoju nauk i rozkwicie wiedzy z zakresu nauk biologicznych. W 1749 r. Karol Linneusz (1707–1778) pisał o wpływie czynników ekologicznych na sezonowe pojawianie i rozprzestrzenianie się roślin. Udoskonalił i rozwinął systematykę organizmów i minerałów. Podstawowym jego osiągnięciem było wydzielenie gromady ssaków i włączenie człowieka do rzędu naczelnych. Dokonał także podziału świata organizmów na klasy, gromady, rzędy, rodzaje i gatunki.

Badania historii naturalnej środowiska doprowadziły do uformowania się kierunku fizjologii środowiskowej. Pionierem był Rene Antoine Ferchault de Reaumur (1683–1757), francuski fizyk i przyrodnik. Badał on znaczenie temperatur dla rozwoju roślin i określił skalę temperatury.

W 1846 roku Lambert Adolphe Jacques Quetelet (1796–1974), belgijski matematyk, astronom i statystyk, wprowadził pojęcie progę biologicznego decydującego o budzeniu się roślin z zimowego spoczynku. Za jego i Reaumur'a przykładem Gasparin badał ilość ciepła niezbędnego dla dojrzewania roślin różnych gatunków (1948).

Rozwój nauk matematycznych pozwolił na stworzenie modeli matematycznych. Już Quetelet w badaniach zagadnień antropologii i socjologii stosował metody statystyki i rachunku prawdopodobieństwa, a prawidłowość ich wyników uważał za nieodmienne prawa przyrody. Pierwszą próbę matematycznej oceny rozwoju populacji podjął Verhulst (1839), a opracowania krzywej logistycznej dokonali Pearl i Reed (1920). Kontynuatorami byli: Lotka (1920, 1925), Thompson (1929, 1939), Pearl (1925), Volterra (1926) i wielu innych.

Francuski przyrodnik, biolog, geolog i ewolucjonista Jan Baptista de Lamarck (1744–1829) opracował obszerny opis gatunków roślin i zreformował systematykę zwierząt, wprowadzając ich podział na kręgowce i bezkręgowce. Sformułował koncepcję ewolucji organizmów, którą rozwinął w teorię opartą na naukowych podstawach zawartych w dziele „Filozofia zoologii” (1809). Jej założeniem jest ciągłe tworzenie się z materii nieożywionej najprymitywniejszych form żywych. W dalszym

ciągu ewolucji, w związku z dążeniem przyrody żywej do doskonalenia się i zwiększania masy, powstają z form prostych, mniejszych, formy organizmów większych, o coraz bardziej złożonej budowie. Uznał, że ważnym czynnikiem ewolucji, różnicującym nowo powstałe formy życia, są rozmaite wpływy środowiska – każda trwała zmiana jego warunków wywołuje w organizmach nowe potrzeby dostosowania się do tych zmian. W celu zaspokojenia nowych potrzeb organizm reaguje zmianą funkcji i swych narządów, co prowadzi do zmian budowy ciała, a w następstwie do powstania nowych form organizmów. Lamarck zaproponował pojęcie „*biosfera*”, które utrwalił Vernadskij (1926), uczonego rosyjski.

Ukazanie przez Lamarck'a zagadnienia zmienności gatunków, zależności rozwoju organizmów od warunków otoczenia, zdolności przystosowawczych roślin i zwierząt jest trwałą zdobyczą myśli ewolucyjnej. Jej kontynuatorem i twórcą teorii ewolucji biologicznej zwanej darwinizmem, był Karol Robert Darwin (1809–1882) angielski przyrodnik, geolog i medyk. W 1842 r. napisał streszczenie swojej teorii o powstawaniu gatunków roślin i zwierząt przez dobór naturalny, którą rozszerzył w 1844 r. Uznał on, że podstawą przemian ewolucyjnych jest zmienność bezkierunkowa organizmów, która może być dla nich korzystna, obojętna lub szkodliwa. Zmienność kierunkowa obejmuje z kolei rozwój rodowy organizmów i prowadzi do wytworzenia form coraz lepiej przystosowanych do określonego środowiska. Teoria Darwina stanowiła podstawę współczesnej teorii ewolucji organizmów, uformowanej głównie dzięki pracom paleontologa G. Simpsona, zoologa E. Mayra, genetyka T. Dobzhansky'ego i matematyka R. Fishera. Współczesna teoria ewolucji organizmów oparta jest na hipotezie o stopniowych zmianach części genów w populacji. Główną jej siłą napędową jest dobór naturalny, poprzez selekcję materiału genetycznego w procesie mutacji. Tempo i kierunek ewolucji zależy od rozmaitych czynników środowiska zewnętrznego, od struktury populacji i od sposobu dziedziczenia cech podlegających zmianom (ewolucji). Według teorii Oparina (1924, 1936, 1957) związki nieorganiczne stopniowo przechodzą poprzez związki organiczne drobnocząsteczkowe, tworzące w pradawnych wodach tzw. „prabulion”, w wielkocząsteczkowe (protobionty) do początkowo prymitywnych, a następnie bardziej złożonych form żywych. Różnorodne układy powstające na każdym z tych etapów ewolucji podlegają działaniu selekcji naturalnej. W 1953 roku S. Miller zapoczątkował doświadczenie stwierdzające, że z gazów ówczesnej beztlenowej atmosfery (metan, amoniak, para wodna czy też azot, wodór, tlenek i dwutlenek węgla) pod wpływem wyładowań elektrycznych, promieniowania ultrafioletowego lub w obecności ciekłej lawy wulkanicznej tworzą się proste związki organiczne występujące we współczesnych organizmach, jak aminokwasy, puryny, pirydyny, monosacharydy, polimery cukrowe i białkowe.

W latach sześćdziesiątych XX wieku Crick i Ongel rozwinęli teorię Millera, stawiając hipotezę, że obok układów heterogenicznych musiały powstawać układy autotroficzne, syntetyzujące związki organiczne i wyzwalające tlen z jego związków do atmosfery. Ewolucja musiała, więc być zarówno chemiczna, jak i strukturalna.

W 1798 roku Thoms Robert Malthus (1766–1834), angielski ekonomista, opublikował próbę oceny stałego wzrostu populacji i jej wpływu na przyszłość społec-

czeństw ludzkich. Według niego niekontrolowany rozwój populacji ludzkiej następuje w postępie geometrycznym, podczas gdy baza pokarmowa rozwija się w postępie arytmetycznym. W 1859 r. Karol Darwin pisał: *organizm zwiększa ilość swoich osobników w tak wysokim tempie, że jeśli nie będą one niszczone, ziemia wkrótce byłaby pokryta przez pokolenie jednej pary. Walka o byt musi więc mieć miejsce.*

W kręgu zainteresowań wielu naukowców były i są fluktuacje i oscylacje populacji. Miedzy innymi Elton (1927, 1966) sugerował ochronę populacji przed nadmiernym zagęszczeniem i wrogami naturalnymi, co ma zapobiegać ich zagładzie.

Niemiecki chemik Justus von Liebig (1803–1873) był jednym z tych przedstawicieli nauki, którzy wnieśli szczególne zasługi w rozwój nauk biologicznych. Badał przemiany materii u roślin i zwierząt. Wyeksponował znaczenie poszczególnych pierwiastków, kwasowość i zasadowość gleby, występowanie antagonizmów pomiędzy pierwiastkami, ze wskazaniem ich wpływu na rośliny. Sformułował i udowodnił teorię mineralnego odżywiania się roślin, przez co wniósł wkład do rozpowszechnienia nawozów mineralnych – tym samym należy do współtwórców chemii rolnej. Liebig jest autorem *prawa minimum*, które głosi, że: *dla danego organizmu składnikiem pokarmowym (czynnikiem środowiskowym) ograniczającym jego rozwój jest składnik pokarmowy (czynnik środowiskowy) dostępny w ilości minimalnej.* Oznacza to, że brak któregośkolwiek z czynników ekologicznych (składników pokarmowych) lub zbyt mała jego ilość, nawet wtedy, gdy inne dostępne są na poziomie optymalnym, staje się barierą ograniczającą możliwość wzrostu i rozwoju danego organizmu. Chociaż prawo to, sformułowane w 1840 r., nie uwzględniało współdziałania wszystkich innych czynników wegetacyjnych, jak np. woda, światło, mikroelementy, było jednak bodźcem do rozwoju badań nad wpływem czynników środowiska na organizmy. W 1905 r. Blackman dokonał jego modyfikacji wprowadzając, obok pojęcia minimum, maksimum i optimum warunków środowiskowych. Duński botanik Raunkiaer wniósł wkład do klasyfikacji roślin, zakładając, że o istnieniu roślin decydują krytyczne pary (1905). Z kolei duński botanik Warming stworzył podwaliny w zakresie badań nad ekologią zespołów, obejmującą listy gatunków flory, podziału powierzchni Ziemi na obszary florystyczne, przyczyny tych podziałów, sposoby przystosowywania się roślin i ich zespołów do zmiennych czynników środowiska (1909).

Rosyjski badacz W.W. Dokuczajew (1846–1903) stał się ojcem koncepcji nowoczesnego gleboznawstwa. W 1883 r. dał pierwszą naukową definicję gleby, jako żywego, podlegającego ewolucji tworzywa przyrody. Udowodnił, że gleby powstają w określonym miejscu i czasie, przy współdziałaniu martwej i żywej materii. Dokonał pierwszej klasyfikacji typów glebowych (1886), przedłożył pierwszą pracę o naturalnych strefach glebowych powstałych głównie pod wpływem klimatu i roślinności (1899).

W 1926 r. Smuts sformułował koncepcję hierarchicznej organizacji przyrody, zaś Egler w latach czterdziestych wprowadził je do ekologii. Z hierarchicznej koncepcji wynika, że proces badawczy środowiska i zachodzących w nim zjawisk nie może być sprowadzony do „redukcji” przyrody do jej składowych elementów

(Naveh, 1984). Środowisko musi być traktowane jako „całość”, czyli – przyroda i organizmy ją zasiedlające.

Niemiecki biolog Ernest Haeckel (1834–1919) w 1869 po raz pierwszy do nauki wprowadził termin „ekologia” (grec.: *oikos* – dom, miejsce bytowania, siedlisko, środowisko; i *logos* – nauka). Jest on twórcą prawa biogenetycznego, według którego osobniki danego gatunku przechodzą w rozwoju osobniczym (ontogenezie) takie same stadia, przez jakie przebiegała droga ewolucyjna prowadząca do powstania tego gatunku. W pojęciu Haeckel’a „ekologia” to nauka, której przedmiotem badań jest całokształt oddziaływań między organizmami żywymi (roślinami i zwierzętami) a ich środowiskiem bytowania, zarówno ożywionym, jak i nieożywionym.

Koncepcję współwystępowania czynników ekologicznych rozwinął amerykański zoolog Wiktor Ernest Shelford (1877–1968), który połączył środowisko geograficzne z ekologiczną fizjologią organizmów (1913). Poprzez badania nad współzależnościami zmian populacji zwierząt i zmian środowiska wpisał się do grona twórców nowoczesnej ekologii zwierząt. Shelford jest autorem *prawa tolerancji*, które mówi, że: *każdy organizm ma określony zakres tolerancji w stosunku do czynników ekologicznych. Zarówno ich niedobór, jak i nadmiar stają się barierą ograniczającą wzrost i rozwój tego organizmu.*

Kolejni pionierzy ekologii – Schröter i Kirchner – rozdzielili związki ekologiczne osobnika i ich zespołów ze środowiskiem na dwie dyscypliny naukowe (1896, 1902): (1) „autekologię” (grec.: *aut(o)* – sam), zajmującą się zależnościami organizmów danego gatunku od środowiska, czyli wpływ czynników ekologicznych na ich rozwój, funkcje, zachowanie, przystosowanie, a także periodyczność zjawisk w ich życiu; (2) „synekologię” (grec.: *syn* – razem; łac.: *syn* – współ-), zajmującą się badaniem zjawisk zachodzących w zbiorowiskach osobników w biocenozach oraz zależnościami między zbiorowiskami organizmów a ich siedliskiem.

W 1935 r. Tansley zaproponował termin „ekosystem”, jako jednostkę ekologiczną obejmującą organizmy biocenozy i jej nieorganiczne środowisko, współdziałające ze sobą dla stworzenia możliwości stabilnego systemu. Termin ten dopracowali Evans (1956) i Odum (1977).

Autorem piszącym o troficzno-dynamicznych aspektach ekologii (1942) jest Lindeman. Lindeman jest twórcą prawa „10%”, które stwierdza, że: *w przyrodzie zaledwie jakaś część energii, pochłaniana przez daną populację jest dostępna dla innej populacji wyższego łańcucha pokarmowego, gdyż w przeciwnym wypadku może dojść do istotnych zakłóceń w obu populacjach.*

Nawiązując do terminu krajobraz, zapoczątkowanego przez Humboldta, Troll wprowadził termin „ekologia krajobrazu”. W 1939 r. definiował krajobraz, jako całość obejmującą geosferę, biosferę i noosferę, czyli sferę rozumu, zwaną też antroposferą (Haase, 1986). Zdaniem H.R. Delcourt i P.A. Delcourt (1988) do podstawowych zadań ekologii krajobrazu należą: ocena układu ekologicznego krajobrazu i przebiegu procesów krajobrazowych w czasie oraz określenie ekologicznych konsekwencji przekształcania krajobrazów naturalnych (lub bliskich naturalnym) w antropogeniczne (kulturowe).

Choć ekologia, jako nauka zrodziła się na przełomie XIX i XX wieku, jako odrębna dziedzina biologii zaistniała dopiero na początku wieku XX. Do tego czasu przyjmowała różne znaczenia, np. jako naukowa „historia naturalna” lub „badania rozmieszczenia i liczebności organizmów”, czy „studia współzależności pomiędzy organizmami i ich środowiskiem”. Wymienione wcześniej odrębne dyscypliny ekologii, dotyczące różnych środowisk, tak lądowych, jak i wodnych, stały się przyczynkiem utworzenia w XX wieku jednej wspólnej „ekologii ogólnej” poprzez ich zintegrowanie. Zajmuje się ona wpływem czynników środowiska i interakcji odnoszących się do wszystkich poziomów ekologicznych i do wszystkich środowisk, np. „ekologia roślin” bada główne związki organizmów roślinnych ze środowiskiem, „ekologia zwierząt” bada związki między zwierzętami a ich środowiskiem, „ekologia stosowana” (praktyczna) sprawdza koncepcje ekologiczne w układach ważnych gospodarczo (w lasach, sadach, na polach uprawnych, w morzach, jeziorach, rzekach, stawach itp. środowiskach). Do powstania tak wielu odrębnych gałęzi ekologii przyczyniły się prace wielu botaników, zoologów, hydrologów, geologów, geografów, fizyków środowiskowych i chemików. Współcześni naukowcy określają ekologię jako naukę o oznaczaniu i liczebności organizmów (Andre Warth, 1961). Krebs (1972, 1966) określił ekologię jako naukę zajmującą się regułami rządzącymi rozmieszczeniem i występowaniem organizmów żywych. Z kolei Trojan (1978) wyjaśnia, że ekologia to nauka określająca stany i dynamikę tych zjawisk biologicznych, fizycznych i chemicznych, które zachodzą w ekosystemach i decydują o liczebności, biomacie, produkcji i gospodarce materią i energią układów ekologicznych. Według Trojana organizm żywy, zarówno roślinny, jak i zwierzęcy stanowi samoregulujący się, trwający w czasie mechanizm, który jest układem przepływowym, ściśle związanym z otoczeniem poprzez procesy przemiany materii.

W Polsce, jako dyscyplina biologiczna, ekologia wyodrębniła się dopiero po drugiej wojnie światowej (wcześniej ekologią zajmowali się szczególnie botanicy, hydrobiolodzy oraz leśnicy). Największą rolę w rozwoju ekologii polskiej odegrały wyższe uczelnie – jako pierwsze uniwersytety, następnie akademie rolnicze, uczelnie techniczne, uczelnie pedagogiczne, politechniki oraz instytuty naukowo-badawcze. Do pionierów polskiej ekologii należą m.in. tacy hydrobiolodzy, jak J. Bowkiewicz, K. Demela, Z. Koźmiński, A. Lityński, J. Mikulski, L. Pawłowski, J. Rzöska, M. Stangenberg, J. Wiszniwski. Wkład naukowy do ekologii roślin i fitosocjologii wnieśli S. Kulczyński, J. Paczoski, B. Pawłowski, D. Szymkiewicz, W. Szafer, B. Wodiczko i wielu innych. Ekologię zwierząt m.in. rozwinęli B. Dyakowski, J. Karpiński, R. Kuntze, M. Nowicki, K. Petruszewicz, K. Tarwid.

W zależności od zainteresowań badaczy rozwój nauk biologicznych szedł w różnych kierunkach, ale były one opoką, na której uformował się „ruch ochrony środowiska naturalnego” i rozwinął na szeroką skalę w okresie minionych 300 lat. Na świecie istniały już warunki głęboko zakorzenionej gospodarki rynkowej, którą cechowało dążenie do osiągnięcia jak największych zysków z produkcji dóbr materialnych opartych na niekontrolowanym eksploatowaniu naturalnych zasobów środowiska. W okresie tym dewastacja przyrody, wskutek nadmiernej eksplo-

atacji jej bogactw naturalnych, rozwinęła się na bardzo szeroką skalę. Zanik lub rzadkość występowania niektórych „tworów” przyrody były źródłem motywów naukowych, gospodarczych, historycznych, pamiątkarskich i kulturalnych ochrony przyrody. Najdawniejszy kierunek ochrony przyrody związany z ochroną jej pojedynczych tworów, starych drzew, głazów, skał, grot, wodospadów itp., określany jest jako kierunek konserwatorski. Jego celem było zabezpieczenie cennych tworów natury przed zniszczeniem. Początki ruchu ochrony środowiska sięgają przełomu XVIII i XIX wieku i wiążą się z działalnością niemieckiego przyrodnika Aleksandra Humboldta (1769–1859) – autora wielkiej syntezy wiedzy przyrodniczo-geograficznej o Ziemi i Wszechświecie „Kosmos, czyli rys fizycznego opisu świata” (1845–1862). Humboldt był jednym z pierwszych, który zwrócił uwagę na potrzebę ochrony tworów przyrody i został twórcą pojęcia „pomnik przyrody”. Zapoczątkował także krajobrazowe podejście w naukach przyrodniczych (1769–1859). Definiował on krajobraz jako całościową charakterystykę regionu Ziemi.

Nonwentz Hugo (1855–1922), niemiecki botanik, jeden z twórców ruchu ochrony przyrody, rozwinął na szeroką skalę zabytkoznawstwo przyrodnicze, polegające na inwentaryzowaniu cennych obiektów przyrodniczych, zwłaszcza roślin reliktowych, rzadkich stanowisk roślin, zwierząt itp. Należy on do pionierów w rozwijaniu zabiegów konserwacyjno-ochronnych.

Kontynuatorami myśli o środowisku, jako o krajobrazie było i jest wielu naukowców. Jeden z nich, filozof niemiecki Rosenkranz określił krajobraz jako hierarchicznie zorganizowane lokalne układy czynników wszystkich państw przyrody (1850). Termin ten definiowali także Dokuczajew (1846 – 1903), Hettner (1859–1941), Passarge (1866–1958), Berg (1876–1958), Matuszkiewicz (1974), Forman i Gordon (1986) i wielu innych.

Frederick Law Olmsted (1822-1903), wybitny amerykański teoretyk architektury krajobrazu, autor licznych publikacji, projektant parków w Nowym Jorku (Central Park, Prospect Park), Waszyngtonie, Chicago, Bostonie, w swej działalności projektowej nawiązywał do XVIII i XIX-wiecznych wzorów angielskich, a jednocześnie brał pod uwagę szybko zmieniające się potrzeby społeczne. Przypisywał terenom zieleni istotną rolę, wskazując na ich znaczenie zdrowotne i rekreacyjne – wpływ na sprawność fizyczną i psychiczną mieszkańców zatłoczonych aglomeracji. Propagował grupy i rodzinny wypoczynek w parkach, nie tylko czynny, ale i bierny.

W 1913 r. powstała pierwsza francuska szkoła środkowoeuropejska fitosocjologii pod kierunkiem Braun-Blanqueta, który wysunął na pierwszy plan kryteria florystyczne, a klasyfikację zbiorowisk przeprowadził na podstawie gatunków charakterystycznych.

W Polsce przed I wojną światową w Krakowie i Warszawie prowadzono naukowe podejście do ochrony zasobów środowiska poprzez realizację prac w dziedzinie określanej jako „fizjografia” i „fitosocjologia”. W okresie międzywojennym powstała Tymczasowa Państwowa Rada Ochrony Przyrody (1919), która była pierwszą tego typu instytucją rządową nie tylko w naszym kraju, ale i na świecie. Działali w niej tacy naukowcy jak Michał Siedlecki, Adam Wodziczko, Władysław Szafer, którzy wprowadzili pierwsze podstawowe zasady konserwatorskiej ochrony przyrody: rejestrację,

inwentaryzację, konserwację i ochronę obiektów o najcenniejszych przyrodniczo walorach. Działający w tym okresie wybitny geolog Walery Goetl jest ojcem terminu „sozologia” (grec.: *sodzein* – ratować i *logos* – wiadomość, opinia) na określenie nauki zajmującej się m.in. racjonalną przebudową i ochroną środowiska człowieka.

Svante August Arrhenius (1859 – 1927) zasugerował wpływ klimatu, organizmów i podłoża w tworzeniu się gleby oraz jej wpływ na rośliny (1922). Relacje między energią słoneczną a organizmami, które potrafią ją przetransformować na związki dla nich użyteczne, badał Transeau (1926), Juday (1940), Harvey (1926). Właściwościami wody zajmowali się m.in. Henderson (1913) i Clarke (1939), którzy rozwinęli koncepcję fotosyntezy w warunkach wodnych i modyfikację jednego czynnika ekologicznego (promieniowania) przez drugi (wodę). Garner Allard (1923) opracował zjawisko fotoperiodyzmu. Tropizmy u zwierząt opracował Loeb (1918), a ich zachowania Lorenz i Tiberger (1938). Gleason (1939) zasugerował indywidualistyczne rozmieszczenie gatunków, które odnosi się do amplitudy ekologicznej gatunku, zawierającej w sobie zakres tolerancji osobników na warunki środowiska. W 1941 r. Leopold opracował szczegółowe relacje dotyczące wymiany pierwiastków między jeziorem a lądem, a w 1945 r. wprowadził pojęcie „efekt styku” dla określenia różnorodności biologicznej w brzegowych partiach ekosystemów. W 1978 r. Petrusiewicz stwierdził, że: *każdy osobnik to taka machina, która jest zbudowana z wysoce nietrwałego budulca, która jest w stanie nieustannej wymiany materii, energii i informacji ze środowiskiem; na tę wymianę zużywa energię chemiczną własnego ciała, umie odbudować własne ciało z odpowiednich elementów środowiska; umie celowo reagować na nieograniczone zmienne warunki, w których żyje i wreszcie umie samopowielać się (rozmnazać się), tzn. przekazywać potomnemu organizmowi informacje, jak ma się rozwijać i żyć.*

Badaniami zbiorowisk organizmów morskich zajmował się londyński botanik Forbes. W 1887 roku intuicyjnie zmodyfikował dynamiczny związek pomiędzy żywymi i nieożywionymi komponentami całego systemu pisząc o jeziorze, jako o „mikrokosmosie”. Prace Forbes’a przyczyniły się do rozwoju terminu „biocenoza”. Myśl Forbes’a podjął Clements, który ukierunkował dynamiczne podejście do zjawisk ekologicznych i zasugerował rozmieszczenie roślinności w przestrzeni pod wpływem procesów zachodzących w czasie (1916). Jest on także autorem pracy o klimacie i sukcesji, w których biocenoza rozwija się, dojrzewa i umiera. Clements twierdził, że zbiorowiska są strukturalne i powtarzalne a zrzeszenia gatunków rozpoznawalne i kontrolowane przez klimat. W 1951 r. Whittaker zasugerował, że zbiorowiska zmieniają się stopniowo wzdłuż gradientu środowiskowego, wraz z kompletem czynników ekologicznych, w taki sposób, że wyodrębnienie zbiorowisk (zrzeszeń gatunków) jest niemożliwe.

Termin „biocenoza” wprowadził do ekologii w 1877 r. Karol Möbius (1825–1908) niemiecki zoolog, opisując zbiorowisko żywych istot wzajemnie powiązanych ze sobą – tym samym zapoczątkował rozwój biocenologii. Pojęcie to w 1926 r. Sukaczew zmodyfikował terminem „biogeocenoza”, zaś w 1930 r. uczony niemiecki Fiederisch zaproponował termin „holocen”. Uczony francuski Thieneman wprowadził miano „biosystem”.

W Polsce ochrona zbiorowisk roślinnych, jako kierunek biocenotyczny, rozwinęła się w wyniku potrzeby zabezpieczenia resztek naturalnych biocenoz, które znikaly w wyniku działalności człowieka. W dziedzinie tej pionierami byli M. Raciborski, J. Pawlikowski, W. Szafer (Pawlikowski 1926, 1932; Szafer 1969).

Współczesna ochrona i kształtowanie środowiska przyrodniczego kieruje uwagę na eliminację substancji szkodliwych wprowadzanych do środowiska i zapobieganie tym procederom. W 1969 roku Trauhaut wprowadził termin „ekotoksykologia”, jako odzwierciedlenie rosnącego zainteresowania skutkami obecnych w środowisku związków chemicznych dla organizmów żywych. Jej celem jest badanie szkodliwych skutków działania związków chemicznych dla ekosystemów, co pozwala objąć zmiany w organizmach, jak również wynikające stąd konsekwencje na poziomie populacji i wyższym. Ale nie było to pierwsze naukowe podejście do substancji szkodliwych występujących w środowisku. Stosowanie trucizn, celowe czy przypadkowe, jest bowiem tak stare, jak sam świat, a minimalizując – jak gatunek ludzki. Wybitny przedstawiciel postępowej myśli medycznej okresu średniowiecza Paracelsus (1492–1541) badał wpływ środowiska na zdrowie ludzi. Uznawany jest za pioniera w tej dziedzinie nauk medycznych, bowiem poprzez swoje badania umożliwił rozwój nauk zajmujących się ochroną zdrowia ludzkiego przed szkodliwym wpływem środowiska przyrodniczego, jako interakcji na wprowadzone w nim zmiany. W dziele zatytułowanym „Burgsucht” (1533–1534) podał szczegółowy opis chorób górników narażonych na działanie związków arsenu i rtęci.

W 1755 roku londyński lekarz Percival Pott poczynił pionierskie obserwacje, że ekspozycja na trucizny związana z wykonywanym zawodem może stwarzać niebezpieczeństwo dla zdrowia. Zaś hiszpański lekarz Mattieu Joseph Bonaventura Orfila (1787–1853), jako pierwszy opisał zależność pomiędzy obecnością związków chemicznych w organizmie a ich efektem fizjologicznym. On także opracował szereg analitycznych metod testowania i wykrywania trucizn oraz wykorzystania odtrutek (antidotów). Przypisuje mu się szczególne zasługi w dziedzinie, którą pierwszy podniósł do rangi prawdziwej nauki – toksykologii.

Współczesna nauka o środowisku

W środowisku bytowania człowieka i innych żywych organizmów, przedmiotem ochrony stopniowo stawały się: litosfera, atmosfera i hydrosfera ze wszystkimi ich elementami. Środowisko przyrodnicze stało się przedmiotem ochrony, której podstawą stał się nowy kierunek zwany „planistycznym”. Szybko wysunął się na prowadzenie, bowiem planistyczny kierunek ochrony przyrody zwraca szczególną uwagę na skutki eksploatacji naturalnych zasobów przyrody i wyniszczających ją procesów produkcyjnych. Wyrazicielem tego kierunku był A. Wodziczko (1933), który stworzył teoretyczne podstawy ochrony przyrody, jako samodzielnej dyscypliny naukowej.

Łączne traktowanie takich kierunków, jak konserwatorski, biocenotyczny i planistyczny tworzy układ współlistniejących elementów składających się na treść i zakres współczesnej ochrony przyrody. Szczególną uwagę budzi ochrona naturalnych zasobów nieożywionych, jak „krajobrazu”, czyli aspektu estetyczno-widokowego.

Drugim istotnym elementem przyrody nieożywionej, brany pod szczególną ochronę, są jej „naturalne zasoby”. Ich nieracjonalne użytkowanie prowadzi do wyczerpywania się, bowiem pod względem wielkości są to zasoby ograniczone i nieodnawialne, np. surowce mineralne i kopaliny zalegające we wnętrzu litosfery i na powierzchni Ziemi (Maciak, 1999).

Krajobrazowe podejście w ochronie środowiska geologicznego znalazło odzwierciedlenie w pracach Kondrackiego i Richlinga (1983), którzy definiują krajobraz jako część epigeosfery (zewnątrznej sfery Ziemi) stanowiącą złożony przestrzennie geokompleks o swoistej strukturze i wewnętrznych powiązaniach. Forman i Gordon (1986) podkreślają fakt, że krajobraz stanowi heterogeniczny fragment terenu złożony z powiązanych wzajemnie ekosystemów. Natomiast Richling i Solon (2002) sugerują, że krajobrazy powtarzają się w przestrzeni w zbliżonej formie.

Ekologia, jako planistyczny kierunek interdyscyplinarny i nauka o środowisku organizmów żywych (w szerokim znaczeniu i rozumieniu sensu tego słowa), zaczęła się rozwijać w Polsce dopiero w połowie lat siedemdziesiątych. W ślad za ekologią rozwinęła się dziedzina nazywana ochroną środowiska. Gierasimow zwrócił uwagę, że popularny stał się pogląd, iż (1983): *ekologia oznacza stosowane badania przyrodnicze (lub odnoszące się do przyrody), a także wszelkie działania dotyczące kształtowania i ochrony środowiska przyrodniczego*. Takie powiązanie ekologii z ochroną środowiska dało możliwość kontrolowania procesu rozwoju cywilizacji na Ziemi i pogodzenie jej z naturalną ewolucją. Pogodzenie to określane jest mianem „rozwoju zrównoważonego” rozumianego jako taki model, w którym zaspokojenie bieżących potrzeb społecznych oraz potrzeb przyszłych pokoleń traktowane będzie równoprawnie, ponadto łączyć będzie w sposób harmonijny troskę o zachowanie dziedzictwa przyrodniczego i kulturowego, będącego udziałem wszystkich ludzi.

W 1967 r. Neef pisał, że wszystkie zjawiska geograficzne wiążą się ze sobą i że ich poznanie jest możliwe tylko przez badanie związków i ich zrozumienie. Środowisko przyrodnicze traktowane w holistyczny sposób nie jest prostą sumą składowych jego elementów, ale musi być traktowane jako nowa jakość, której badanie wymaga zastosowania odpowiednich (i różnych) metod. Między innymi z tego powodu rozwój ekologii i ochrony środowiska, oraz innych nauk przyrodniczych, odbywa się przy wykorzystaniu takich metod, jak np. zastosowanie modeli matematycznych, badań laboratoryjnych i terenowych. Oczekuje się od nich informacji odnośnie skuteczności rozwiązań w ochronie środowiska i w gospodarce jego zasobami.

W latach 1969–1982 Koestler wprowadził termin „holon”. Według niego, badając żywe organizmy lub społeczeństwa ludzkie nie powinno się redukować obiektu badań do zespołu części elementarnych. Należy dążyć do wyodrębnienia „mniejszych części” – holonów, z których każdy stanowi odrębną strukturę zdolną do samoregulacji. Zespół hierarchicznie zorganizowanych holonów tworzy układ nazywany, przez Koestlera „holarchią”. W układzie tym organizm człowieka składa się z komórek i organów, które są podporządkowane, jako części, wyżej stojącym w hierarchii systemom, takim jak układ krążenia lub układ nerwowy. Równocześnie jednak, zarówno poszczególne komórki, jak i organy funkcjonują jako quasi-autonomiczne całości.

Jednym z najstarszych założeń jest maksymalna efektywność procesów przyrodniczych (Chorley, Kennedy, 1971). W warunkach naturalnych każdy składnik systemu przyrodniczego jest wykształcony w sposób optymalny. Struktura systemu jest wtedy w pełni prawidłowa, a sposób funkcjonowania najbardziej efektywny. Zaburzenie systemu przyrodniczego jest równoznaczne z doprowadzeniem do niego dodatkowej porcji energii. Energia ta jest wykorzystywana przy powrocie systemu do poprzedniego stanu lub w procesie tworzenia się nowego systemu. Wniosek, jaki stąd wynika: *w czasie, gdy system reaguje na zmiany, przepływ energii jest wyższy, równy sumie przepływu w okresie równowagi i dodatkowej energii wniesionej do systemu przez impuls powodujący zmiany* (H.T. Odum, 1983). Na tej bazie Richling (2002) zauważa, że ważną cechą systemów przyrodniczych jest prawidłowość powiązania składowych elementów środowiska. Składowe te powinny być wzajemnie do siebie dostosowane, powinny sobie odpowiadać. Układy przyrodnicze (środowiskowe) dążą bowiem do logicznej organizacji wewnętrznej. W odniesieniu do dojrzałego układu warunek ten jest zawsze spełniony. Dlatego w przyrodzie rzadko spotyka się przypadkowe współwystępowanie elementów. Wynika stąd kolejny wniosek, że trwałą, równoczesną obecność określonych jednostkowych elementów środowiska powinno się traktować jako dowód powiązań istniejących między nimi. Zmiana dowolnego elementu systemu środowiskowego pociągnie za sobą przekształcenie pozostałych elementów, gdyż każda ingerencja w istniejący układ przyrodniczy powoduje uruchomienie mechanizmu samoregulacji. Efektem tego działania jest albo niwelacja istniejącej zmiany (jeśli inicjująca zmiana nie jest głęboka), albo wykształcenie nowego układu, w którym przekształcony element znajduje się w logicznym związku ze wszystkimi pozostałymi.

Uwzględniając powyższe rozumowanie, oparte na łącznym traktowaniu wszystkich żywych organizmów i otaczającego ich środowiska, ze zrozumieniem przyjmuje się koncepcję „*dzieci wszechświata*” wysuniętą przez Ditfurt'a (1976). Stawia on i opisuje hipotezę, w której człowiek przestaje być zagubionym pyłkiem w bezkresnym, obcym i groźnym wszechświecie. Ziemia przestaje być przypadkowym zbiegiem okoliczności kosmogenicznych – staje się statkiem kosmicznym krążącym we wszechświecie.

Zalewski (1995) sugeruje stopniowe zrozumienie dynamiki procesów, której punktem wyjścia jest badanie przepływu energii i krążenia materii na poziomie osobnika, populacji, a następnie ekosystemu (Klekowski i Fisher (1993); Hillbricht-Ilkowska, Pieczyńska (1993); Kamler (1992)). Zapoczątkowało to w latach osiemdziesiątych XX wieku fazę, polegającą na kontrolowaniu i sterowaniu procesami w ekosystemie. Nastąpiło więc przejście od „*ekologii restryktywnej*”, której celem było ograniczenie niekorzystnych form działalności człowieka w krajobrazie, do „*ekologii kreatywnej*”, której zadaniem jest wskazywanie optymalnych sposobów współistnienia człowieka z przyrodą przez kontrolowanie procesów w ekosystemach w celu osiągnięcia zrównoważonego rozwoju.

Zagadnienia światopoglądu ekologicznego – opartego na filozofii ekologicznej (ekofilozofii, czyli filozofii nadziei) propagującej myślenie ekologiczne, przyjmujące

określone wartości ekologiczne rozwija H. Skolimowski (1981, 1989). Według niego w centrum wartości ekologicznych są „wszechświat” i „życie”, które łączą człowieka ze wszystkimi formami życia we wszechświecie. Współczesny człowiek, „człowiek ekologiczny”, docenia wartości duchowe, wszechświat postrzega jako piękny i sensowny, jest wrażliwy na powiązania ekologiczne i społeczne, jest odpowiedzialny za swój los i los swoich dzieci – dzieci Wszechświata, najdoskonalszy wyraz jego harmonii. W książce „Ekorozwój – Wyzwanie XXI wieku” S. Kozłowski (2000) pisze: *Potrzebny jest nowy światopogląd odpowiadający na aktualne pytania i dylematy stojące przed ludzkością; światopogląd o charakterze organicznym, holistycznym (całościowym) i ekologicznym; światopogląd oparty na systemowej teorii życia (Capra, 1987). Jest to pogląd mówiący o roli ekosystemów, w których zwierzęta, rośliny, mikroorganizmy i substancje nieożywione łączy sieć skomplikowanych współzależności, opartych na ciągłej, cyklicznej wymianie materii i przepływie energii.*

Od niedawna rozwija się nowa nauka, głęboka „ekologia – ekozofia”, której twórcą jest Norweg Arne Naess z Oslo. Jest ona zwrotem od nauki do mądrości (grec.: *sophia* – mądrość). Jej podstawowe założenia mówią:

- Dobro i rozwój każdej formy życia na ziemi ma wartość samą w sobie – niezależnie od użyteczności dla człowieka lub jej braku.
- Bogactwo i różnorodność form życia przyczyniają się do podniesienia i wzmocnienia tych wartości, które same w sobie też mają wartość.
- Ludzie nie mają prawa ograniczać bogactwa i różnorodności form życia z wyjątkiem szczególnych sytuacji związanych z potrzebami życiowymi.
- Rozkwit życia i kultury człowieka daje się pogodzić z poważnym zmniejszeniem populacji, rozwój innych form życia domaga się takiego zmniejszenia.
- Oddziaływanie człowieka na inne formy życia jest obecnie nadmierne i sytuacja ta szybko się pogarsza.
- Wymagana jest zmiana w strukturach ekonomicznych, technologicznych i ideologicznych prowadząca do zatrzymania procesu negatywnego oddziaływania człowieka na inne formy życia.
- Główna zmiana w strukturze ideologicznej powinna polegać na zamienieniu wysokiego standardu życia na jego wysoką jakość.

Ekologia – ekofilozofia wskazuje, że każdy kto rozumie powyższe punkty zobowiązuje się, pośrednio lub bezpośrednio, do wprowadzania ich w czyn.

2.2. Międzynarodowe inicjatywy w ochronie środowiska

Pierwszym międzynarodowym programem ekologicznym był Międzynarodowy Program Biologiczny (IBP), który trwał od 1964 do 1974 roku. Brali w nim udział przedstawiciele 73 krajów, a jego Prezydentem był prof. Kazimierz Petrusiewicz. Drugi program pt. „Człowiek i Biosfera” („Man and Biosphere”) trwał 10 lat, począwszy od 1973 r.

W 1969 r. U. Thant, sekretarz generalny ONZ, ogłosił na forum międzynarodowym alarmujący raport „Człowiek i środowisko”. Podważył w nim ogólne przekonanie o niczym nie ograniczonych możliwościach postępu. W miejsce fascynacji

nowoczesnością i drapieżną konsumpcją wkradła się niepewność i nostalgia za pełnym, nieograniczonym dostępem do czystego i nie zniekształconego środowiska. Z początkiem lat siedemdziesiątych ubiegłego stulecia dostrzeżono lokalne zróżnicowania środowiskowe oraz globalne zmiany. Nastąpił powolny powrót do tradycji miejsca i ograniczonych związków między naturą a kulturą. Zaczęto podkreślać tożsamość „małych ojczyzn”, które odnieść można do społeczności lokalnej. Rene Dubos (1972) dowodził: *Potrafimy wyrobić w sobie poczucie racjonalnej odpowiedzialności za całość planety, nie tracąc emocjonalnego upodobania do tak dla nas cennej różnorodności.*

W dniach 5 ÷ 14 czerwca 1972 r. Organizacja Narodów Zjednoczonych (ONZ) zorganizowała w Sztokholmie swoją pierwszą międzynarodową Konferencję na temat problemów środowiska w skali globalnej. Ponadto uruchomiła program Środowiskowy ONZ (UNEP) z siedzibą głównego biura w Nairobi.

Obok inicjatyw ONZ na uwagę zasługują też działania Klubu Rzymskiego i jego liczne raporty. Stany Zjednoczone w 1970 r. stworzyły swoją własną Agencję Ochrony Środowiska (Environmental Protection Agency – EPA), a za ich przykładem 9 innych państw powołało agencje i ministerstwa do spraw ochrony środowiska. W 1991 roku w Kopenhadze powstała Europejska Agencja Ochrony Środowiska.

W dniach 3 ÷ 14 czerwca 1992 r. ONZ zorganizowała drugą Konferencję (20 lat później) pt. „Środowisko i Rozwój” (tzw. „Letni Szczyt” lub „Szczyt Ziemi”) w Rio de Janeiro (Brazylia). Konferencja zgromadziła około 30 000 uczestników stanowiących delegacje rządowe ze 183 krajów. Spośród nich już ponad 100 krajów miało swoje własne ministerstwa lub agencje do spraw ochrony środowiska. Konferencja ta wytyczyła nowy program działania na przełom XX i XXI wieku, którego podstawowym celem jest zrównoważony rozwój świata, jako nowa etyka solidarności międzynarodowej w ochronie środowiska. Owocem „II Szczytu Ziemi” (następny jest planowany w 2012 roku) były przyjęte dokumenty (Kozłowski, 2000):

- Deklaracja z Rio prezentująca 27 zasad przyszłych praw i obowiązków (5 stron) – poniżej.
- Globalny program działań „Agenda 21” (535 stron).
- Konwencja w sprawie zmian klimatu (30 stron).
- Konwencja o różnorodności biologicznej (47 stron).
- Zasady w sprawie lasów (9 stron).

Deklaracja z Rio w sprawie środowiska i rozwoju (zasady ogólnych praw i obowiązków)

Preambuła.

Konwencja Narodów Zjednoczonych „Środowisko i Rozwój” spotykając się w Rio de Janeiro od 3 do 14 czerwca 1992 r., potwierdzając Deklarację Konferencji Narodów Zjednoczonych w sprawie Środowiska Człowieka, przyjętą w Sztokholmie, w dniu 16 czerwca 1972 r. oraz dążąc do jej rozszerzenia, mając na celu ustanowienie nowego i sprawiedliwego światowego partnerstwa poprzez stworzenie nowych form współpracy między Państwami, podstawowymi grupami społecznymi i narodami, pracując w celu osiągnięcia międzynarodowych porozumień, korzystnych dla wszystkich i chroniących integralność światowego systemu środowiska i rozwoju, uznając niepodzielną i powiązaną współzależnościami istotę Ziemi, naszego domu, ogłasza, że:

Zasada 1. Istoty ludzkie są w centrum zainteresowania w procesie zrównoważonego rozwoju. Mają prawo do zdrowego i twórczego życia w harmonii z przyrodą.

Zasada 2. Państwa, w zgodzie z Kartą Narodów Zjednoczonych i zasadami prawa międzynarodowego, mają suwerenne prawo do korzystania ze swoich zasobów naturalnych stosownie do ich własnej polityki dotyczącej środowiska i rozwoju, oraz są odpowiedzialne za zapewnienie, że działalność prowadzona w ramach ich prawa lub kontroli, nie spowoduje zniszczeń środowiska naturalnego innych Państw lub obszarów znajdujących się poza granicami narodowych uregulowań prawnych.

Zasada 3. Prawo do rozwoju musi być wypełnione tak, ażeby sprawiedliwie połączyć rozwój i środowiskowe potrzeby obecnych i przyszłych generacji.

Zasada 4. Aby osiągnąć zrównoważony rozwój, ochrona środowiska powinna stanowić nierozłączną część procesu rozwoju i nie może być rozpatrywana oddzielnie od niego.

Zasada 5. Wszystkie państwa i wszyscy ludzie powinni współpracować w zasadniczym zadaniu wykorzenia nędzy; jest to niezbędny wymóg zrównoważonego rozwoju, aby zmniejszyć różnice w poziomie życia i dążyć do zaspokojenia potrzeb większości ludzi na świecie.

Zasada 6. Wyjątkowa sytuacja i potrzeby krajów rozwijających się, szczególnie tych najmniej rozwiniętych oraz najbardziej podatnych na zagrożenia środowiska, powinny otrzymać specjalne przywileje. Międzynarodowe działania w dziedzinie środowiska i rozwoju powinny także brać pod uwagę interesy i potrzeby wszystkich krajów.

Zasada 7. Państwa powinny współpracować w duchu ogólnoswiatowego partnerstwa w celu zachowania, ochrony i przywracania zdrowia i integralności ekosystemu Ziemi. Ze względu na różny wkład w zniszczenie środowiska naturalnego na Ziemi, państwa ponoszą wspólną, lecz zróżnicowaną odpowiedzialność. Kraje rozwinięte potwierdzają swoją odpowiedzialność, którą ponoszą w międzynarodowym dążeniu do osiągnięcia zrównoważonego rozwoju, o czym świadczy nacisk, jaki ich społeczeństwa przykładają do stanu środowiska na Ziemi, technologii i środków finansowych, którymi dysponują.

Zasada 8. Aby osiągnąć zrównoważony rozwój i wyższą jakość życia dla wszystkich ludzi, Państwa powinny zredukować bądź wyeliminować niezrównoważone systemy produkcji lub konsumpcji oraz promować odpowiednią politykę demograficzną.

Zasada 9. Państwa powinny współpracować w celu wzmocnienia wewnętrznych możliwości budowania zrównoważonego rozwoju, poprawiając naukowe zrozumienie poprzez wymianę naukowej i technologicznej wiedzy, oraz poprzez usprawnienie procesu rozwoju, przystosowania, rozprzestrzenienia i transferu technologii, włączając w to nowe technologie i innowacje.

Zasada 10. Zagadnienia środowiskowe są najlepiej rozwiązywane, na odpowiednim poziomie, z udziałem wszystkich zainteresowanych obywateli. Na poziomie narodowym każda jednostka powinna mieć zapewniony odpowiedni dostęp do informacji dotyczącej środowiska, w której posiadaniu jest władza publiczna. Obejmuje to informacje dotyczące substancji niebezpiecznych i działalności w obrębie społeczności, jak również możliwości udziału w procesie podejmowania decyzji. Państwa powinny ułatwić, jak również zwiększyć świadomość i udział społeczeństwa przez stworzenie szerokiego dostępu do informacji. Należy zapewnić efektywny i rzeczywisty dostęp do środków prawnych i administracyjnych, włączając w to środki kompensujące i zaradcze.

Zasada 11. Państwa powinny wprowadzić efektywne prawo środowiskowe. Standardy środowiskowe, cele i priorytety zarządzania powinny odzwierciedlać środowiskowe i rozwojowe cele, dla których są stosowane. Standardy przyjęte przez niektóre kraje mogą być nieodpowiednie, powodując powstanie niesprawiedliwych kosztów ekonomicznych w innych krajach, szczególnie w krajach rozwijających się.

Zasada 12. Państwa powinny współpracować w celu promowania wspierającego i otwartego międzynarodowego systemu ekonomicznego, co mogłoby prowadzić do wzrostu gospodarczego i osiągnięcia zrównoważonego rozwoju we wszystkich krajach, a także w celu lepszego rozwiązywania problemów degradacji środowiska. Działania polityki handlowej dla celów środowiskowych nie powinny stanowić środków samowolnej i bezprawnej dyskryminacji, bądź ukrytych ograniczeń w międzynarodowym handlu. Należy uniknąć jednostronnych działań, zajmujących się wyzwaniami środowiskowymi, jeżeli są one poza zasięgiem działania systemu prawnego kraju importującego. Środowiskowe działania zajmujące się transgranicznymi i globalnymi problemami środowiska powinny opierać się na zasadzie międzynarodowego konsensusu.

Zasada 13. Państwa powinny rozwijać narodowe prawo, mając na uwadze odpowiedzialność i odszkodowania dla ofiar zanieczyszczeń bądź innego rodzaju zniszczeń środowiska. Państwa powinny także prowadzić współpracę w szybszy i bardziej zdeterminowany sposób, tak aby wypracować międzynarodowe prawo, uwzględniając odpowiedzialność i odszkodowania za niekorzystne efekty zniszczeń środowiskowych, spowodowane działalnością w obrębie ich systemu prawnego, bądź kontrolą na obszarach nie objętych przez ich jurysdykcję.

Zasada 14. Państwa powinny efektywnie współpracować w sprzeciwianiu się i zapobieganiu przemieszczaniu i transferowi do innych państw działalności bądź substancji powodujących poważne zniszczenie środowiska lub szkodliwych dla zdrowia ludzkiego.

Zasada 15. Wszystkie państwa powinny szeroko zastosować zapobiegawcze podejście w celu ochrony środowiska, mając na uwadze ich własne możliwości. Tam gdzie występują zagrożenia poważnymi lub nieodwracalnymi zmianami, brak całkowitej naukowej pewności nie może być

powodem opóźnienia efektywnych działań, których realizacja prowadziłaby do zapobiegania degradacji środowiska.

Zasada 16. Narodowe władze muszą dążyć do wszelkich starań, aby promować wewnątrzpaństwowe pokrycie kosztów naprawy środowiska oraz zużycie instrumentów ekonomicznych, biorąc pod uwagę podejście, że zanieczyszczający, generalnie, powinien ponosić wszelkie koszty zanieczyszczeń, mając na uwadze interes publiczny oraz bez zakłócenia międzynarodowego handlu i procesu inwestowania.

Zasada 17. Należy stosować ocenę oddziaływania na środowisko, będącą instrumentem narodowym do zamierzonych działań, co do których można się spodziewać, że będą miały znacząco niekorzystny wpływ na środowisko i są przedmiotem podjęcia decyzji przez kompetentne władze narodowe.

Zasada 18. Państwa powinny natychmiast powiadomić inne kraje o jakiegokolwiek katastrofie lub innych niebezpieczeństwach, co do których można się spodziewać, że mogą spowodować nagłe i szkodliwe efekty dla środowiska w tych państwach. Międzynarodowa wspólnota powinna skierować wszelkie wysiłki, aby pomóc państwu dotkniętemu nieszczęściem.

Zasada 19. Państwa powinny zapewnić wczesne i aktualne powiadomienie i odpowiednią informację potencjalnie zagrożonym państwom, na temat wydarzeń, które mogą mieć znacząco niekorzystne transgraniczne skutki, powinny one konsultować się z tymi państwami we wczesnej fazie i w dobrej wierze.

Zasada 20. Kobiety odgrywają żywotną rolę w zarządzaniu środowiskiem i rozwoju. Stąd też ich pełny udział jest ważnym aspektem dla osiągnięcia zrównoważonego rozwoju.

Zasada 21. Twórczość, ideały i odwaga młodych świata powinny zostać zmobilizowane w celu rozwijania światowego partnerstwa, które pomoże osiągnąć zrównoważony rozwój i zapewnić lepszą przyszłość dla wszystkich.

Zasada 22. Ludność tubylcza i jej wspólnoty, a także inne wspólnoty lokalne odgrywają znaczącą rolę w zarządzaniu środowiskiem i rozwoju, ze względu na ich wiedzę i tradycje. Państwa powinny rozpoznać i właściwie podtrzymywać ich tożsamość, kulturę i zainteresowania oraz umożliwić im efektywny udział w osiąganiu zrównoważonego rozwoju.

Zasada 23. Chronione powinno być środowisko i zasoby naturalne należące do ludzi uciskanych, znajdujących się pod jakąkolwiek dominacją bądź okupacją.

Zasada 24. Działania wojenne są nieodłącznie związane z niszczeniem zrównoważonego rozwoju. Dlatego też państwa powinny respektować międzynarodowe prawo, które zapewnia ochronę środowiska w czasie zbrojnego konfliktu, oraz powinny współpracować w dalszym rozwijaniu tego prawa tam, gdzie to jest konieczne.

Zasada 25. Pokój, rozwój i ochrona środowiska są współzależne i nierozzerwalne.

Zasada 26. Państwa powinny rozwiązywać wszystkie swoje spory środowiskowe na drodze pokojowej i z użyciem odpowiednich środków zgodnych z Kartą Narodów Zjednoczonych.

Zasada 27. Państwa i ludzie powinni współpracować w dobrej wierze, w duchu partnerstwa wypełniając zasady zawarte w tej Deklaracji i dalej rozwijać prawo międzynarodowe w procesie osiągania zrównoważonego rozwoju.

Nowym celem nie jest zwykle przetrwanie; nowym celem jest taki rozwój warunków globalnych, w których człowiek – wszyscy ludzie – muszą żyć godnie w wybranym przez siebie środowisku; warunków, w których człowiek może być w harmonii z drugim człowiekiem, w harmonii ze swym środowiskiem i w harmonii z Bogiem, źródłem wszelkiego życia.

Emil Salim, Londyn 1981,
Konferencja „Ochrona i rozwój”

Rozdział 3

PRAWO OCHRONY ŚRODOWISKA

Niszczenie środowiska geologicznego zachodzi w określonych warunkach społeczno-gospodarczych i polityczno-ekonomicznych. Prawo ustanowione przez określone państwo może zawierać mechanizmy, które będą zdolne tak pokierować stosunkami społecznymi, by przyroda nie ulegała dalszemu ubożeniu i niszczeniu. Prawo nie działa jednak w próżni, lecz jest uwarunkowane politycznymi, ekonomicznymi i kulturowymi stosunkami istniejącymi w danym państwie. Stosunki te decydują o tym, na ile regulacje prawne są skutecznym narzędziem polityki ekologicznej kraju. Jeżeli tradycja kulturowa danego kraju nie pozwala na łamanie przepisów, to prawo może być skuteczne. Jeśli natomiast jest ono nagminnie nie przestrzegane (niezależnie od przyczyn), to nawet najlepiej przygotowane ustawy nie zapewnią skutecznej ochrony tych struktur, których dotyczą. Obok tworzenia dobrego prawa istotne jest to, w jakim stopniu będzie ono egzekwowane, a stworzone ramy prawne będą przestrzegane przez wszystkich. Słowo „wszystkich” odnosi się zarówno do tych, których działania bezpośrednio przyczyniają się do degradacji środowiska przyrodniczego (producenci, przedsiębiorcy), jak i do tych, którzy w sposób pośredni korzystają z jego zasobów (konsumenci). Rola pierwszych polega na wprowadzaniu czystych technologii, o zamkniętym obiegu materiałów, rolą drugich jest rezygnacja z powiększania dóbr materialnych, zmniejszenie materializmu konsumpcyjnego na rzecz jakości i wspieranie wszelkich działań celem poprawy jakości życia środowiska przyrodniczego.

3.1. Rys historyczny prawnej ochrony środowiska w Polsce

Początki prawnej ochrony środowiska w Polsce sięgają pierwszych Piastów. Najstarsze wierzenia religijne pozwoliły zachować „święte” drzewa, „święte” skały, „święte” źródła. Ochronna gospodarka środowiskiem rozwijała się stopniowo, powoli przekraczając ogólnie przyjęte kanony, normy gospodarcze i ekonomiczne, zwyczaje kulturowe. W ogólnym zarysie historia zmian prawnych przedstawia się następująco:

- Średniowiecze, okres w którym władcy pomnażając swoje dobra wprowadzają ograniczenia dla swoich podwładnych, ale tworzą podwaliny chroniące środowisko przed nadmiernym eksploataowaniem. Wprowadzono tak zwane „rega-

- lia”, oddające prawo odłowu określonych gatunków zwierząt i ryb czy pozyskiwania miodu z barci jedynie dworom królewskim i książęcym.
- Bolesław Chrobry wprowadził ograniczenie polowań na bobry.
 - Bardziej nowoczesną regulacją prawną było objęcie ochroną cisu (1423) przez Władysława Jagiełłę. Drzewa tego nie można było ścinać, a drewna wywozić poza granice kraju, bowiem służyło ono do produkcji broni (głównie łuków). Król Jagiełło ograniczył także polowania na zwierzynę w lasach.
 - Statut Litewski z 1529 r. zabraniał zaorywania pól i koszenia łąk na odległość rzutu pałą od żeremi na obszarach, na których występowały żeremia bobrowe.
 - W 1535 r. wprowadzono pierwsze zarządzenie obejmujące ochroną śpiewające ptaki. Podejmowano też próby ochrony innych gatunków zwierząt, jak np. zachowanie gatunku tura w Puszczy Jaktorowskiej, jednak działanie to zakończyło się niepowodzeniem.
 - W okresie zaborów próby ponownej ochrony przyrody na ziemiach polskich podejmowano jedynie w Galicji, w zaborze austriackim. Sejm Krajowy we Lwowie uchwalił w roku 1868 ustawę o „zakazie łapania, wytopiania i sprzedawania (...) właściwym Tatrom świstaka i dzikich kóz”. Została ona podpisana przez Cesarza 19 lipca 1869 r.
 - W ustawie z grudnia 1874 r. „o ochronie niektórych zwierząt dla uprawy ziemi pożytecznych” wprowadzono restrykcje wobec osób łapiących i zabijających ptaki śpiewające i owadożerne. Był to również pierwszy akt prawny, który wprowadził obowiązek prowadzenia szkolnej edukacji ekologicznej, bowiem ustawa zobowiązywała nauczycieli szkół ludowych, aby wyjaśniali uczniom szkodliwość wybierania gniazd, zabijania i łupienia ptaków pożytecznych. Nakazano, aby na początku łęgów przedstawiać w szkołach przepisy tej ustawy.
 - W 1903 r. Adam Stadnicki utworzył Rezerwat Beskidzki w Baranowcu.
 - W 1912 r. powstała sekcja Ochrony Tatr Towarzystwa Tatrzańskiego.
 - 31 października 1918 r. został wydany dekret Rady Regencyjnej o opiece nad zabytkami sztuki i kultury. Dekret przewidywał objęcie ochroną niektórych obiektów przyrodniczych, takich jak jaskinie, sędziwe drzewa, ogrody ozdobne, parki, aleje.
 - Rozporządzenie Ministra Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego z 15 września 1919 r. o ochronie niektórych zabytków pozwoliło na objęcie ochroną obiektów geologicznych, form ziemi oraz niektórych gatunków roślin i zwierząt.
 - Z dniem 27.12.1919 r. rozpoczęła działalność Tymczasowa Państwowa Komisja Ochrony Przyrody.
 - W 1921 r. powstał Park Narodowy w Białowieży.
 - Rozporządzenie Ministrów z 10 czerwca 1925 r. o trybie załatwiania spraw ochrony przyrody wprowadziło formy organizacyjne ochrony przyrody w Polsce.

- W styczniu 1926 r. powstała Państwowa Rada Ochrony Przyrody.
- W dniu 19 września 1922 r. uchwalono ustawę wodną. Przepisy w niej zawarte zakazywały zanieczyszczenia wód, nakazywały zaś budowę i eksploatację urządzeń chroniących wody przed zanieczyszczeniem, stanowiąc jednocześnie, że udzielenie pozwolenia na użytkowanie wód może być uzależnione od dopełnienia obowiązku złożenia i utrzymania urządzeń, które mogły uchronić od zeszpecenia okolice o pięknym krajobrazie, a dały się pogodzić z celem i rentownością przedsiębiorstwa. 31 stycznia 1961 r. uchwalona została ustawa o ochronie wód przed zanieczyszczeniem. Ustawa ta określała m.in., na czym polega zanieczyszczenie wód, co jest przedmiotem ochrony; nakładała szereg obowiązków zarówno na użytkowników wód, jak i na administrację państwową. Obydwie ustawy obowiązywały aż do roku 1962, kiedy to 30 maja tegoż roku uchwalono *Prawo wodne*.
- Pierwszym aktem o charakterze normatywnym, dotyczącym całości spraw ochrony przyrody w Polsce, była ustawa z 10 marca 1934 r. o ochronie przyrody. W myśl tej ustawy organami kompetentnymi i odpowiedzialnymi za tę problematykę byli konserwatorzy przyrody. Na mocy tej ustawy utworzony został Fundusz Ochrony Przyrody i wprowadzono odpowiednie przepisy karne. Do 1939 r. utworzono 6 parków narodowych, 180 rezerwatów przyrody, 4 500 pomników przyrody.
- Od 1934 r. w programie nauczania szkoły średniej uwzględniano zagadnienia ochrony przyrody.
- Po II Wojnie Światowej podjęto prace nad kodyfikacją problematyki ochrony środowiska. Już w 1949 r. ukazała się nowa ustawa o ochronie przyrody. Jednak zawężyła ona problematykę ochrony środowiska do tworzenia parków narodowych, rezerwatów, pomników przyrody oraz obejmowania ochroną wybranych gatunków roślin i zwierząt.

W Polsce powojennej tematyki dotyczącej ochrony środowiska naturalnego nie podejmowano lub zajmowano się nią bardzo niechętnie, bowiem informacje o stanie środowiska objęte były zapisem cenzorskim. Wynikał on z podstawowych celów ówczesnej polityki, którymi była intensyfikacja rozwoju przemysłu – zwłaszcza ciężkiego.

- W 1952 r. uchwalona została przez ówczesne władze PRL Konstytucja, w której zagadnienia ochrony środowiska nie znalazły miejsca w treści jej postanowień.
- 31 kwietnia 1966 r. uchwalono ustawę o ochronie powietrza atmosferycznego. Ustawa ta określała przede wszystkim, co należy rozumieć przez zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego, jaki jest cel ochrony oraz podmioty zobowiązane do realizowania działań ochronnych. Zapisy tej ustawy obowiązywały do 1980 r., kiedy została ona wchłonięta prawie w całości, przez ustawę o ochronie i kształtowaniu środowiska.
- Przełomowym okresem był rok 1976, w którym znowelizowano Konstytucję PRL wprowadzając do niej art. 71 o prawie obywateli do ko-

rzystania z wartości środowiska. Artykuł ten przyjął brzmienie: *Obywatele Rzeczypospolitej Ludowej mają prawo do korzystania z wartości środowiska naturalnego oraz obowiązek jego ochrony*. Treść ta odnosi się do niegospodarczego korzystania z fizycznych elementów środowiska oraz z tych jego wartości, będących elementami niematerialnymi, które służą do zaspokajania innych potrzeb niż gospodarcze. Impulsem tej zmiany było orzeczenie Sądu Najwyższego (1975 r.) z powództwa obywatela i Ligi Ochrony Przyrody w sprawie zanieczyszczenia rzeczki w okolicy służącej celom wypoczynkowym. Sąd Najwyższy oparł się na przepisach kodeksu cywilnego, art. 23–24, regulujące zagadnienia ochrony dóbr osobistych niezależnie od ochrony przewidzianej w innych przepisach. Dał tym samym podstawę do ich ochrony w każdej sytuacji. Przyjęto, że może to być również ochrona biologicznego środowiska człowieka realizowana w trybie środków cywilnoprawnych, a *jeden z takich przepisów stanowi bezsprzecznie norma art. 24 k.c. zapewniająca ochronę spokoju psychicznego, np. przed hałasem, przed zanieczyszczeniem powietrza, zapachami wpływającymi ujemnie na atmosferę itp. Ochrona ta wiąże się zawsze z ochroną dóbr osobistych* (Haładyj, 2002; za: uzasadnienie wyroku SN z 10.VII.1975 r.).

- Zmiana w Konstytucji PRL, uzasadnienia Sądu Najwyższego były krokiem do nowelizacji ustawy o ochronie środowiska – nowa ustawa o ochronie i kształtowaniu środowiska z 1980 r. była przyczynkiem do podejmowania nowych inicjatyw ochrony środowiska. W preambule do ustawy zawarto zapis informujący, że: *jednym z jej celów jest zapewnienie warunków sprzyjających urzeczywistnieniu prawa obywateli do wszechstronnego korzystania z walorów środowiska naturalnego i zachowanie jego wartości*.

W tym samym czasie na arenie międzynarodowej podejmowano zdecydowane działania w kierunku ochrony środowiska człowieka na skalę lokalną, regionalną i globalną. Powstały Traktaty międzynarodowe wprowadzające wspólnotowe prawo, gdyż negatywne oddziaływanie człowieka przynosiło coraz większe skutki transgraniczne.

W Polsce do końca lat siedemdziesiątych minionego stulecia praktycznie nic się nie robiło w zakresie ochrony środowiska, w którym żyjemy. Docierały sygnały z krajów wysoko rozwiniętych o konieczności postępu ochrony przyrody, jednakże polska socjalistyczna gospodarka była głucha na te sygnały. W szerokim zakresie rozbudowywano przemysł ciężki, wydobywczy, przetwórczy bez zwracania uwagi na spustoszenie, jakie wprowadziły w powietrzu, wodzie i glebie. Miejscem spustoszenia był początkowo obszar przedsiębiorstwa-truciciela, następnie teren lokalnej gminy, kraju i całego globu.

Na przełomie lat 1979/1980 grupa niezależnych naukowców polskich opracowała „Raport o stanie zagrożenia środowiska przyrodniczego w Polsce” (W. Brzeziński,

S. Kozłowski, Z. Wierzbicki). Raport ten był całkowitym zaprzeczeniem ówczesnej propagandy rządu o prawidłowym stanie naszego „naturalnego domu”. Przekazany został Radzie Państwa, jako stanowczy głos domagający się zasadniczych zmian w podejściu do ochrony środowiska przyrodniczego. Szarość socjalizmu i brak perspektyw na przyszłość, a także strach przed konsekwencjami służbowymi, w przypadku prezentowania „rewolucyjnych” poglądów na temat niszczyielskiej działalności polskiej gospodarki powodowały, że w tamtych latach zagadnieniem otaczającej nas przestrzeni zajmowały się nieformalne grupy społeczne, określane mianem „zielonych”.

Grupy społeczne rosły w siłę, bowiem coraz więcej osób zaczęło wiązać aspekt swego zdrowia ze zdrowiem otoczenia naturalnego. Ruchy społeczne nabierały charakteru masowego, formowały nowe postawy opozycyjne wobec „socjalistycznego systemu planowania”. Niezależne postawy „zielonych”, podziemny obieg prasy i wydawnictwa tamtych lat umacniały żądanie radykalnych zmian w strefie stosunków: społeczeństwo – gospodarka – środowisko.

W lutym 1989 roku rozpoczęły się obrady Okrągłego Stołu. W skład zespołu strony solidarnościowo-opozycyjnej stolika ekologicznego weszli wybitni przedstawiciele nauki, praktyki gospodarczej, eksperci i działacze ruchów ekologicznych. Rezultatem dwumiesięcznych obrad było uzgodnienie 28 postulatów wchodzących do końcowego protokołu. Prace zespołu ekologicznego zakończyły się w marcu 1989 roku, zaś 5 kwietnia zakończyły się obrady Okrągłego Stołu.

Protokół końcowy obrad stał się opoką dla przyjęcia zasad ekorozwoju i ekopolityki dla przyszłościowego rozwoju społeczno-gospodarczego Polski, zmiany polityki rolnej i urbanizacyjnej, tworzenia nowego systemu ochrony środowiska i rozwoju edukacji ekologicznej.

Rzeczywistość społeczno-gospodarcza III Rzeczypospolitej lat 1990–1998 ujawniła dwa nurty polityczne wzajemnie się ścierające. Jeden nurt wytyczył drogę w kierunku rozwoju świadomości ekologicznej narodu, zaś drugi nurt hamował koncepcje ekorozwojowe. Proces ten trwał osiem lat, w ciągu których ścieranie się prawicy z lewicą spowodowało: (1) osłabienie procesu nowelizacji ustaw ekologicznych (uchwalono w tym czasie tylko jedną ustawę o odpadach i to znacznie odbiegającą od potrzeb, więc w 2001 r. poprawiono ją); (2) przyjęcia w 1994 r. „Strategii dla Polski (Kołodko, 1994) pozbawionej treści proekologicznych (błąd ten naprawiono częściowo w 1995 r.); (3) narastania konfliktów między polityką rządu a Państwową Radą Ochrony Przyrody z jednoczesnym zanikiem działalności Państwowej Rady Ochrony Środowiska; (4) wycofania się Ministerstwa Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z popierania powszechnej inwentaryzacji przyrodniczej (Kozłowski S., 2000).

Chęć i konieczność przystąpienia Polski do Unii Europejskiej była najistotniejszym czynnikiem zmiany kierunku polityki rządu polskiego. Unia Europejska określiła jasno swoje stanowisko, co do respektowania ochrony środowiska globu ziemskiego. W 1999 roku rozpoczął się przegląd polskiego prawa w dziedzinie „Środowisko” i jego dostosowywanie do norm obowiązujących kraje Wspólnoty.

3.2. Konstytucja RP

W Polsce po okresie wojennym główne działania w ochronie środowiska podejmowane były przez organizacje pozarządowe i grupy społeczne. Rewolucją w systemie prawnej ochrony środowiska, skierowanej przede wszystkim do rządowych władz państwowych, było wejście w życie Konstytucji Rzeczypospolitej Polskiej (KRP) – podpisanej przez Prezydenta RP 6 kwietnia 1997 r. Dokument ten, mający podstawową rangę prawną w polskim prawodawstwie, zawiera już treści, które umożliwiły wywieranie istotnego wpływu na całe prawo krajowe i opinię publiczną – jednocześnie jest on gwarancją realizacji prawa podmiotowego (obywatelskiego).

W nowej Konstytucji RP ochrona środowiska znalazła się w art. 5, 31, 68, 74 i 86.

Artykuł 5 KRP stanowi, że: *Rzeczpospolita Polska strzeże niepodległości i nie naruszalności swojego terytorium, zapewnia wolności i prawa człowieka i obywatela oraz bezpieczeństwo obywateli, strzeże dziedzictwa narodowego oraz zapewnia ochronę środowiska, kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju.*

Artykuł 31 stanowi w ust. 1, że: *Wolność człowieka podlega ochronie prawnej*”. Ust. 2 informuje: *„Każdy jest obowiązany szanować wolności i prawa innych. Nikogo nie wolno zmuszać do czynienia tego, czego prawo mu nie nakazuje.*

Treść art. 31 w ust. 3 podaje z kolei, że: *Ograniczenia w zakresie korzystania z konstytucyjnych wolności i praw mogą być ustanawiane tylko w ustawie i tylko wtedy, gdy są konieczne w demokratycznym państwie dla jego bezpieczeństwa lub porządku publicznego, bądź ochrony środowiska, zdrowia (...). Ograniczenia te nie mogą naruszać istoty wolności i praw.*

Artykuł 68, ust. 1 podkreśla: *Każdy ma prawo do ochrony zdrowia.* Natomiast ust. 3 tego samego artykułu wskazuje podmiot zobowiązany do ochrony zdrowia oraz osoby szczególnie podlegające ochronie: *Władze publiczne są obowiązane do zapewnienia szczególnej opieki zdrowotnej dzieciom, kobietom ciężarnym, osobom niepełnosprawnym i osobom w podeszłym wieku.* Ust. 4 konkretyzuje elementy szczególne dla zachowania zdrowia psychicznego, społecznego, fizycznego i fizjologicznego człowieka konstatując: *Władze publiczne są obowiązane do zwalczania chorób epidemicznych i zapobiegania negatywnym dla zdrowia skutkom degradacji środowiska.*

Artykuł 74, ust. 1 zobowiązuje: *Władze publiczne prowadzą politykę zapewniającą bezpieczeństwo ekologiczne współczesnemu i przyszłemu pokoleniom.* Ust. 2 tego samego artykułu nakazuje: *Ochrona środowiska jest obowiązkiem władz publicznych.* Ust. 3 zawiadamia, że: *Każdy ma prawo do informacji o stanie i ochronie środowiska.* Zaś ust. 4 zobowiązuje: *Władze publiczne wspierają działania obywateli na rzecz ochrony i poprawy stanu środowiska.*

Artykuł 86 traktuje ochronę środowiska w kategoriach obowiązku obywatelskiego, podkreślając że: *Każdy jest obowiązany do dbałości o stan środowiska i ponosi odpowiedzialność za spowodowane przez siebie jego pogorszenie. Zasady tej odpowiedzialności określa ustawa (jest to ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska – Dz.U. Nr 62, poz. 627).*

Przepisy art. 5 ujęte zostały w Rozdziale I Konstytucji odnoszącym się ogólnie do Rzeczypospolitej, co wskazuje na istotę ochrony środowiska stanowiącą jeden z podstawowych celów polityki państwa. Można przez to rozumieć, że realizacja tego obowiązku jest przedmiotem działalności politycznej każdego rządu bez względu na sytuację polityczną kraju. Prawo do ochrony środowiska jest tym samym dobrem wspólnym.

Pozostałe artykuły ujęte zostały w Rozdziale II Konstytucji RP mówiącym o wolnościach, prawach i obowiązkach człowieka i obywatela, w części „Zasady ogólne” (art. 31), „Wolności i prawa ekonomiczne, socjalne i kulturalne” (art. 68, 74) oraz „Środki ochrony wolności i praw” (art. 86).

Podkreślenia godnym jest fakt, że umiejscowienie ochrony środowiska w treści Konstytucji RP i nałożenie na państwo obowiązku zrównoważonego rozwoju wskazuje na jej ważne miejsce wśród zadań i kompetencji organów państwowych, niezależnie od istniejącej struktury politycznej władz państwa polskiego. Ponieważ „środowisko jest wartością konstytucyjnie chronioną” obowiązki państwa w zakresie tej ochrony określają odpowiednie ustawy i rozporządzenia do nich (akty wykonawcze). Dokumenty te tworzą prawa i obowiązki dla władzy państwowej i jej społeczeństwa. Wykonanie ich znajduje się pod bezpośrednią kontrolą społeczną. Ma ona prawo do sięgania po środki prawne, łącznie ze skargą konstytucyjną, gdy realizacja ich praw i obowiązków nie jest przestrzegana. I na odwrót – jednostka jest w pełni odpowiedzialna za naruszenie środowiska.

Prawo do korzystania z wartości (walorów i zasobów) środowiska nie jest prawem biernym. Prawo to nakłada obowiązek podnoszenia jakości i estetyki tegoż środowiska, czyli jego kształtowania.

Uznanie prawa do ochrony środowiska za prawo władz publicznych, obywatelskie i osobiste jest prawem bezdyskusyjnym i musi być powszechnie akceptowane. Powszechne zaakceptowanie prawa do ochrony środowiska umożliwiła kolejna reforma – reforma dwudziestoletniego funkcjonowania ustawy o ochronie i kształtowaniu środowiska (1980), którą zastąpiła nowa ustawa zasadnicza *Prawo ochrony środowiska* (2001), będąca kompleksową regulacją prawną dostosowaną do wymogów państw „15”.

3.3. Prawo międzynarodowe – ratyfikowane

Konstytucja RP opowiada się za otwartością krajowego porządku prawnego wobec prawa międzynarodowego. Umowy międzynarodowe w sprawie ochrony środowiska stanowią szeroką i zróżnicowaną grupę spośród wszystkich umów międzynarodowych. Międzynarodowe prawo ochrony środowiska tworzą normy, których celem jest zapobieganie, zmniejszanie i przeciwdziałanie antropogenicznym zagrożeniom środowiska. *Przedmiotem ochrony międzynarodowego prawa środowiska jest środowisko globalne, na które składają się poza generalnie morzem pełnym, obszary podlegające zwierzchnictwu poszczególnych państw* (Ciechanowicz-McLean, 2002).

Grupa umów międzynarodowych jest bardzo zróżnicowana, podobnie jak zróżnicowane są elementy chronionego środowiska. Najważniejsze umowy międzynaro-

dowe, wiążące Polskę w tym zakresie literatura grupuje według schematu: (1) Umowy wielostronne w dziedzinie ochrony środowiska morskiego, klimatu, atmosfery i warstwy ozonowej, obejmujące: florę i faunę szczególnie cennych obszarów oraz chroniące przed różnymi zagrożeniami. (2) Umowy dwustronne w formie układów dobrosąsiedzkich, specjalnych umów o ochronie środowiska i umowy dotyczące wód granicznych.

Umowy międzynarodowe pogrupować można również według przedmiotu regulacji: zanieczyszczenie powietrza; zanik warstwy ozonowej i globalne ocieplenie; przestrzeń kosmiczna; międzynarodowe ciekły wodne; działalność szczególnie niebezpieczna; zanieczyszczenie mórz; odpady.

Zapisy prawa międzynarodowego wyraźnie wskazują na istnienie prawa człowieka do korzystania z wartości środowiska. Dla Polski najważniejsze są te ratyfikowane dokumenty, które regulują aktualne i rzeczywiste dla kraju problemy ochrony środowiska.

Przepisy Konstytucji RP określają źródła powszechnie obowiązującego w Polsce prawa, którymi są w kolejności: Konstytucja, ustawy, ratyfikowane umowy międzynarodowe oraz rozporządzenia (art. 87, ust. 1 KRP) i akty prawa miejscowego (art. 87, ust. 2 KRP). Warunkiem wejścia w życie tych dokumentów, czyli ich obowiązywania jest ich ogłoszenie (art. 88, ust. 1 KRP). Z art. 91, ust. 1 Konstytucji wynika, że ratyfikowana i ogłoszona w dzienniku ustaw umowa międzynarodowa stanowi część krajowego porządku prawnego. Dotyczy to również umów międzynarodowych ratyfikowanych wcześniej, pod rządami poprzednich konstytucji (art. 241 KRP). Podkreślić należy, że zapisy konstytucji RP mają najwyższą rangę (moc) prawną w wewnętrznym systemie państwa polskiego. Umowy międzynarodowe zawierane przez Polskę nie mogą więc być z nią sprzeczne (art. 188 KRP). Jednak zgodnie z art. 91, ust. 2 Konstytucji RP umowa międzynarodowa ratyfikowana za zgodą Sejmu lub Senatu i wyrażona w ustawie ma pierwszeństwo przed ustawą, jeżeli ustawa jest z nią sprzeczna. Wynika stąd, że prawo międzynarodowe ogłoszone w formie ustawy ma pierwszeństwo w przestrzeganiu jego zapisów, jeśli zapisy ustawy krajowej są z nim sprzeczne. Pozostałe umowy międzynarodowe – ratyfikowane, ale nie ogłoszone w ustawie – ustępują pierwszeństwa ustawie krajowej. Jednak te umowy na podstawie art. 88 Konstytucji mają pierwszeństwo przed przepisami prawa wydawanymi przez centralne organy państwowe. Ciechanowicz-McLean (2002) wyjaśnia przy tym, że: *związanie Polski umową międzynarodową nie ratyfikowaną odbywa się poprzez jej zatwierdzenie dokonywane przez Radę Ministrów, co wynika z art. 12 ust. 3 ustawy o umowach międzynarodowych*. Ratyfikowana umowa międzynarodowa podlega ogłoszeniu w dzienniku ustaw i w ten sposób stanowi część krajowego porządku prawnego bezpośrednio stosowanego, chyba że jej stosowanie jest uzależnione od wydania ustawy (art. 91, ust. 1 KRP). Jeżeli zapisy ustawy krajowej odbiegają od zapisów umowy międzynarodowej i ustawy tej nie da się pogodzić z umową, wówczas umowa międzynarodowa ratyfikowana za uprzednią zgodą wyrażoną w ustawie ma pierwszeństwo przed ustawą (art. 91, ust. 2 KRP). Z art. 12 ust. 3 ustawy o umowach międzynarodowych wynika, że związanie Polski umową

międzynarodową ratyfikowaną odbywa się poprzez jej zatwierdzenie dokonywane przez Radę Ministrów. Umowa międzynarodowa wnika więc (sięga) do wewnętrznych stosunków prawnych w państwie, które zapewnia jej odpowiednią skuteczność (art. 9 KRP). Na tej podstawie ustanawiane przez Sejm i Senat ustawy z zakresu ochrony środowiska powinny być zgodne z zawartymi umowami międzynarodowymi. Oznacza to, że Polska przestrzegając wiążącego ją prawa międzynarodowego, ustanawia wewnętrzne akty prawne w zgodzie: *z całym prawem międzynarodowym, rozumianym szeroko, a nie tylko jako umowy międzynarodowe. (...) Wyeliminowanie sprzeczności może nastąpić poprzez zmiany w obowiązującym prawie wewnętrznym lub wydanie wewnętrznych aktów umożliwiających stosowanie umowy w porządku wewnętrznym państwa...* (Ciechanowicz-McLean, 2002).

Prawo do czystego środowiska zaliczane jest do praw tzw. trzeciej generacji. Pierwsza generacja praw to prawa osobiste i polityczne; zaś druga: socjalne, ekonomiczne i kulturalne.

Wymienione prawa są ze sobą spójne i sprzężone, tzn. brak któregośkolwiek z nich lub jego minimalizowanie czy nieprzestrzeganie wpływa na komfort i jakość zdrowia i życia człowieka. Chodzi tu zarówno o zdrowie psychiczne, fizyczne, jak i biologiczne.

3.4. Polityka ekologiczna państwa

10 maja 1991 roku Uchwałą Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej wprowadzono w życie „Politykę Ekologiczną Państwa”. Była ona rezultatem uzgodnień, jakie zostały założone podczas obrad „Okrągłego Stołu” w 1989 r., a opracowane i przyjęte przez Rząd w 1990 r. Dokument ten został więc przygotowany na ponad rok przed Szczytem Ziemi w Rio de Janeiro i opublikowaniem „Agendy 21”. Ta pierwsza polityka ekologiczna państwa odegrała ważną rolę stymulującą wszystkie struktury państwowe pod kątem ich działań na rzecz środowiska, a także przyczyniła się do podniesienia świadomości ekologicznej społeczeństwa. Wzrost świadomości ekologicznej wpłynął na istotne zmniejszenie presji na środowisko i poprawę jego stanu.

Głęboka reforma państwa w kierunku rozbudowy samorządności stworzyła nową sytuację społeczno-ekonomiczną i polityczną, która stała się podstawą do sformułowania w 2000 r. „II Polityki Ekologicznej Państwa”. Nowa polityka wyznaczyła dwie płaszczyzny: (1) dalszą poprawę stanu środowiska i wskaźników w zakresie racjonalnego gospodarowania zasobami naturalnymi oraz (2) większych korzyści gospodarczych i społecznych niż ma to miejsce w krajach rozwiniętych, z tytułu racjonalnego wykorzystania znacznych zasobów różnorodności biologicznej.

Polityka ekologiczna państwa podejmuje w ślad za państwami Wspólnoty pojęcie „zrównoważonego rozwoju” (w dokumencie zastosowano termin „ekorozwój”), które podnosi do szczybla narodowego. **Zrównoważony rozwój** definiuje jako podporządkowanie potrzeb i aspiracji społeczeństwa i państwa możliwościom jakie daje środowisko, którym dysponujemy. Takie zdefiniowanie terminu **ekorozwój** („rozwój zrównoważony”), w sposób pośredni, lecz jednoznacznie, wprowadziło do praktyki politycznej i gospodarczej nowe pojęcie: „przestrzeni ekologicznej”.

Przestrzeń ekologiczna określana jest jako wydajność zasobów odnawialnych i nieodnawialnych oraz zdolność absorpcji środowiska dla ludzkości (w skali globu), ras (w skali kontynentów), narodów (w skali kraju) i społeczności lokalnych. Systematycznie przez stulecia redukowana dostępność tej przestrzeni (w wyniku rabunkowej gospodarki surowcami mineralnymi i negacji problemów zdolności absorpcyjnych środowiska) zastępowana jest przez stopniowe jej zwiększanie w wyniku odwrócenia (zaniechania) trendów rozwojowych z przeszłości.

W polityce ekologicznej państwa zdrowie społeczeństwa jako całości, komfort środowiska, w którym żyją i pracują społeczności lokalne oraz życie i zdrowie każdego obywatela są nadrzędną wartością. Wartość ta rozumiana jest jako główne i niepodważalne kryterium w realizacji polityki ekologicznej, na każdym szczeblu: w miejscu pracy i zamieszkania, na szczeblu lokalnym, regionalnym i krajowym. Ponieważ człowiek jest ściśle sprzężony z systemem przyrodniczym (powietrzem, wodą, glebą, ekosystemami, zasobami biologicznymi, różnorodnością biologiczną), zachowanie równowagi w tym systemie wymaga spójnego i łącznego zarządzania „przestrzenią ekologiczną”. Zarządzanie to obejmuje zarówno dostęp do zasobów środowiska, likwidację powstawania negatywnych dla środowiska skutków działalności gospodarczej i zapobieganie im (ochrona środowiska), jak i racjonalne użytkowanie zasobów przyrodniczych (gospodarka wodna, leśnictwo, ochrona i wykorzystanie zasobów surowcowych i glebowych, planowanie przestrzenne).

Kolejnym głównym celem polityki ekologicznej jest (obok zwiększenia przestrzeni ekologicznej) zapewnienie „bezpieczeństwa ekologicznego” społeczeństwu i gospodarce.

Bezpieczeństwo ekologiczne społeczeństwa i gospodarki wymaga wprowadzenia zabezpieczeń przed niekorzystnym oddziaływaniem na środowisko działalności gospodarczej nie tylko na terytorium kraju, ale i poza jego granicami. Wymaga także: zabezpieczenia odpowiednich zasobów dyspozycyjnych wody, które zaspokajać będą potrzeby ilościowe i jakościowe człowieka; zachowania rolniczej przestrzeni produkcyjnej o pożądanych parametrach (chemiczne i fizyczne własności gleb, stosunki wodne, różnorodność biologiczna); zwiększenia lesistości kraju (min. do 33% terytorium Polski); zwiększenia powierzchni obszarów chronionych (min. do 30% terytorium Polski). Bezpieczeństwo ekologiczne możliwe jest do osiągnięcia przez wprowadzanie i rzetelne stosowanie **zasady zrównoważonego rozwoju**, która formułowana jest w trzech kategoriach:

- **Sprawiedliwości międzypokoleniowej**: zaspokajanie potrzeb materialnych i cywilizacyjnych obecnego pokolenia powinno tworzyć i utrzymywać warunki do zaspokojenia potrzeb przyszłych pokoleń.
- **Sprawiedliwości międzyregionalnej i międzygrupowej**: zaspokajanie potrzeb materialnych i cywilizacyjnych społeczeństw, grup społecznych i jednostek ludzkich w ramach sprawiedliwego dostępu do ograniczonych zasobów i walorów środowiska, wraz z równoprawnym traktowaniem potrzeb ogólnospołecznych z potrzebami społeczności lokalnych.
- **Równoważenia szans pomiędzy człowiekiem a przyrodą**: zapewnienie zdrowego i bezpiecznego funkcjonowania (w sensie fizycznym, psychicz-

nym, społecznym i ekonomicznym) jednostek ludzkich przy zachowaniu trwałości podstawowych procesów przyrodniczych wraz ze stałą ochroną różnorodności biologicznej.

Dla zachowania zasobów i walorów środowiska, zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju „II Polityka Ekologiczna Państwa” formułuje następujące zasady:

1. Zasadę regionalizacji, oznaczającą:

- rozszerzenie uprawnień dla samorządów terytorialnych i wojewodów do ustalenia regionalnych opłat, normatywów, ulg i wymogów ekologicznych wobec jednostek gospodarczych;
- regionalizowanie ogólnokrajowych narzędzi polityki ekologicznej w odniesieniu do trzech rodzajów obszarów:
 - silnie przekształconych i zdegradowanych lub zagrożonych degradacją;
 - o wysokich walorach przyrodniczych (z przewagą funkcji ochronnych, naukowych i rekreacyjnych oraz znaczącą rolą leśnictwa i ekologicznego rolnictwa);
 - pośrednich, z przewagą intensywnego rolnictwa i umiarkowanie rozwijanego przemysłu, przede wszystkim przetwórczego;
- skoordynowanie polityki regionalnej z regionalnymi ekosystemami w Europie: Morze Bałtyckie i strefy przybrzeżne, tereny górskie i podgórskie, doliny rzeczne i obszary wodno-błotne.

2. Zasadę uspołecznienia: realizowaną poprzez stworzenie instytucjonalnych, prawnych i materialnych warunków do udziału społeczności w procesie kształtowania zrównoważonego rozwoju w połączeniu z rozbudzaniem świadomości ekologicznej i kształtowaniem etyki zachowań wobec środowiska.

3. Zasadę „zanieczyszczający płaci”: oznaczającą złożenie pełnej odpowiedzialności, w tym materialnej, za skutki zanieczyszczenia i stwarzania innych zagrożeń dla środowiska, na sprawcę (jednostkę użytkującą zasoby środowiska) łącznie z konsumentem, który ma możliwość wyboru mniej zagrażających środowisku dóbr konsumpcyjnych.

4. Zasadę prewencji: czyli likwidacji zanieczyszczeń, uciążliwości i zagrożeń u źródła poprzez (1) **zapobieganie powstawaniu zanieczyszczeń i uciążliwości** przez stosowanie najlepszych dostępnych technik; (2) **recykling**, czyli zamykanie obiegu materiałów i surowców, odzysk energii, wody i surowców ze ścieków i odpadów oraz gospodarcze wykorzystanie odpadów zamiast ich składowania; (3) **zintegrowane podejście do ograniczenia i likwidacji zanieczyszczeń i zagrożeń** np. poprzez oczyszczanie ścieków i gazów odlotowych, spalanie bądź składowanie odpadów, budowa ekranów akustycznych – z optymalizacją działań ochronnych i przeciwdziałaniem przechodzeniu zanieczyszczeń w inną postać oraz ich przemieszczaniu się do innych elementów środowiska.

5. Zasadę przeczności: poprzez rozwiązywanie pojawiających się problemów środowiskowych od chwili ich zauważenia, a nie w momencie naukowego potwierdzenia problemu.

6. **Zasadę stosowania najlepszych dostępnych technik (BAT):** uzasadnionych ekonomicznie i dostępnych technologii.
7. **Zasadę subsydiarności:** oznaczająca decentralizację decyzji odnośnie ochrony środowiska, które powinny być podejmowane na szczeblu „jak najbliższym obywatelowi”.
8. **Zasadę skuteczności ekologicznej i efektywności ekonomicznej:** poprzez planowanie przedsięwzięć inwestycyjnych ochrony środowiska oraz ich ocenę w trakcie i po zakończeniu ich realizacji.

Zgodnie z treścią „II Polityki Ekologicznej Państwa” priorytetami w ochronie środowiska geologicznego, stanowiącego „centrum” życia człowieka jest konieczność likwidacji związanych ze stanem środowiska bezpośrednich zagrożeń dla życia i zdrowia ludzi (w tym likwidacja tzw. „gorących punktów”), przeciwdziałanie degradacji środowiska na terytorium kraju, szczególnie na obszarach o istotnych walorach przyrodniczych (w tym przestrzeni rolniczej i leśnej) oraz partycypowanie w przeciwdziałaniu zagrożeniom środowiska o charakterze globalnym.

Człowiek warunkuje jakość ziemi, którą zamieszkuje (...) To w rzeczywistości wykształciliście swoją Ziemię, swoimi myślami i ukrytą energią (...) Nawet zmiany klimatu czy naturalne kataklizmy mają głęboką przyczynę w jakości życia człowieka.

Ks. Francois Brune

Rozdział 4

ELEMENTY POLSKIEGO USTAWODAWSTWA

4.1. Prawo ochrony środowiska

31 stycznia 1980 r. uchwalono ustawę o ochronie i kształtowaniu środowiska (Dz.U. Nr 3, poz. 6 z późn. zmianami), która utraciła swą moc w dniu 1 października 2001 r., tj. w dniu wejścia w życie nowej ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. **Prawo ochrony środowiska** (Dz.U. nr 62, poz. 67) zwanej *Prawem ochrony środowiska*.

Prawo ochrony środowiska jest aktem prawnym regulującym w sposób kompleksowy problem ochrony zasobów środowiska i krajobrazu, poprzez określenie zasad ustalania warunków ochrony i korzystania z zasobów, a także wprowadzania substancji lub energii do środowiska z uwzględnieniem wymagań zrównoważonego rozwoju (art. 1).

Ustawa w sposób kompleksowy określa zasady:

- **Ochrony zasobów środowiska:** poprzez określenie standardów jakości środowiska oraz kontrolę, podejmowanie działań w celu ich nieprzekraczania lub przywracania oraz ograniczanie emisji.
- **Ochrony powietrza:** polegającej na zapewnieniu jak najlepszej jego jakości przez utrzymanie poziomów substancji w powietrzu poniżej dopuszczalnych dla nich poziomów lub co najmniej na tych poziomach i zmniejszeniu poziomów substancji w powietrzu co najmniej do dopuszczalnych, gdy nie są one dotrzymane.
- **Ochrony powierzchni ziemi:** polegającej na zapewnieniu jak najlepszej jej jakości poprzez racjonalne gospodarowanie, zachowanie wartości przyrodniczych, zachowanie możliwości produkcyjnego wykorzystania, ograniczanie zmian naturalnego ukształtowania, utrzymanie jakości gleby i ziemi powyżej lub co najmniej na poziomie wymaganych standardów, doprowadzenie jakości gleby i ziemi co najmniej do wymaganych standardów, gdy nie są utrzymane, oraz zachowanie wartości kulturowych z uwzględnieniem archeologicznych dóbr kultury.
- **Ochrony przed polami elektromagnetycznymi:** polegającej na zapewnieniu jak najlepszego stanu środowiska poprzez utrzymanie poziomów pól elektromagnetycznych poniżej dopuszczalnych lub co najmniej na tych poziomach oraz zmniejszenie tych pól do poziomów co najmniej dopuszczalnych, gdy nie są one dotrzymane.

- **Ochrony kopalin:** polegającej na racjonalnym gospodarowaniu ich zasobami oraz kompleksowym wykorzystaniu kopalin, w tym kopalin towarzyszących.
- **Ochrony zwierząt oraz roślin:** polegającej m.in. na zachowaniu cennych ekosystemów, różnorodności biologicznej i utrzymaniu równowagi przyrodniczej, zapobieganiu zagrożeniom naturalnych kompleksów i tworów przyrody, zapobieganiu lub ograniczeniu negatywnych oddziaływań na środowisko, które mogłyby niekorzystnie wpływać na zasoby oraz stan zwierząt i roślin.

Prawo ochrony środowiska wprowadza, jako *novum*, pojęcie „polityki ekologicznej państwa”, której celem jest stworzenie warunków niezbędnych do realizacji ochrony środowiska. Polityka ekologiczna państwa na podstawie aktualnego stanu środowiska ma określać: cele ekologiczne, priorytety ekologiczne, rodzaj i harmonogram działań proekologicznych oraz środki niezbędne do osiągnięcia celów (mechanizmy prawno-ekonomiczne i środki finansowe). Na ich podstawie zarządy gmin, powiatów i województw przygotowują „programy ochrony środowiska” (art. 14 i 15).

Ochrona środowiska potraktowana jest w ustawie priorytetowo, a jej przestrzeganiem zobowiązane zostało całe społeczeństwo: osoby prawne i fizyczne, jednostki organizacyjne, mieszkańcy miast i wsi. Wszystkie wymienione podmioty mają prawo do udostępnienia im informacji na temat stanu środowiska, jego ochrony, projektów i planów w zakresie postępowania ze środowiskiem. Ponadto każdy zainteresowany ochroną środowiska ma również prawo do składania uwag i wniosków w postępowaniu prowadzonym z udziałem społeczeństwa.

Realizacja planów i programów ochrony środowiska, a także inwestycje (projekty lub plany) gospodarcze według zapisów ustawy wymagają przeprowadzenia postępowania w sprawie „oceny oddziaływania na środowisko” (OOŚ) skutków ich wpływu. Postępowania w sprawie OOŚ skutków realizacji przeprowadza się także dla różnych przedsięwzięć: polityki zagospodarowania przestrzennego i strategii rozwoju regionalnego, rozwoju przemysłu, energetyki, transportu, telekomunikacji, gospodarki wodnej, gospodarki odpadami, leśnictwa i rolnictwa, turystyki i wykorzystania terenu oraz w przypadku wprowadzania zmian do przyjętych dokumentów (art. 40). Jednocześnie art. 46 ustawy wyjaśnia, że pod pojęciem „przedsięwzięcia” rozumie się: (...) *inwestycję budowlaną lub inną ingerencję w środowisko, polegającą na przekształceniu lub zmianie sposobu wykorzystania terenu, w tym również na wydobywaniu kopalin (...)*. Jeżeli realizacja działań inwestycyjnych nie spowoduje znaczącego oddziaływania na środowisko, ustawa zezwala na odstępnie od przeprowadzenia postępowania w sprawie OOŚ. Odstąpienie takie powinno być jednak realizowane tylko w wyjątkowych sytuacjach, których ustawa nie określa, a które mogą wprowadzać wiele zamieszania z uwagi na subiektywne i różne odczucia, w zależności od wrażliwości ekologicznej, osób oceniających możliwość pominięcia tejże oceny.

Ocena oddziaływania na środowisko powinna uwzględniać (art. 47) bezpośredni i pośredni wpływ danego przedsięwzięcia na środowisko, zdrowie i warunki życia ludzi, dobra materialne, dobra kultury, wzajemne oddziaływanie między tymi ele-

mentami oraz dostępność do złóż kopalin. Obejmuje również możliwości i sposoby zapobiegania oraz ograniczania negatywnego oddziaływania na środowisko, łącznie z wymaganym zakresem monitorowania. W tym celu sporządza się „prognozę” oddziaływania na środowisko, którą opracowuje się na podstawie analizy i oceny (art. 41): istniejącego stanu środowiska oraz potencjalnych zmian tego stanu w przypadku braku realizacji planowanej inwestycji (projektu); stanu środowiska na obszarach objętych przewidywanym znaczącym oddziaływaniem inwestycji; istniejących problemów ochrony środowiska na obszarach chronionych; celów ochrony środowiska ustanowionych na szczeblu międzynarodowym lub krajowym; projektów rozwiązań mających na celu zapobieganie, ograniczanie lub kompensację przyrodniczą negatywnych oddziaływań na środowisko, mogących być rezultatem realizacji projektu; rozwiązań alternatywnych do rozwiązań zawartych w projekcie inwestycji wraz z uzasadnieniem ich wyboru oraz opisem metod dokonania oceny prowadzącej do ich wyboru, ze wskazaniem trudności wynikających z niedostatków współczesnej techniki i wiedzy; informacji o transgranicznym oddziaływaniu na środowisko.

Na podstawie przeprowadzonej oceny oddziaływania projektu na środowisko sporządza się „Raport o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko”.

W myśl ustawy *Prawo ochrony środowiska* ochrona zasobów środowiska realizowana jest poprzez określenie standardów jakości środowiska, kontrolę ich osiągnięcia i podejmowaniem działań służących ich nieprzekraczaniu lub przywracaniu. Ważnym zapisem jest konieczność ograniczania emisji (art. 82). Art. 137 ustawy informuje, że: *Przeciwdziałanie zanieczyszczeniom polega na zapobieganiu lub ograniczaniu wprowadzania do środowiska substancji lub energii*. Standardy jakości środowiska są przy tym zróżnicowane, w zależności od obszarów, których dotyczą i są wyrażane jako poziomy substancji lub energii (art. 83).

W celu przestrzegania standardów jakości środowiska tworzy się programy (stanowiące akt prawa miejscowego), w których ustala się m.in. (art. 84): obszar objęty zakresem jego obowiązywania; naruszone standardy jakości środowiska wraz z podaniem zakresu naruszenia; podstawowe kierunki i zakres działań niezbędnych do przywracania standardów jakości środowiska. Treść lokalnych programów ochrony środowiska ustala się w oparciu o ocenę charakteru i zakresu aktualnego stanu środowiska. Oceny dokonuje się przede wszystkim na podstawie: danych państwowego monitoringu środowiska (PMS); analizy możliwych do zastosowania rozwiązań o charakterze organizacyjnym, technicznym lub ekonomicznym planowanych działań, z uwzględnieniem konieczności stosowania najlepszych dostępnych technologii; analizy kosztów zastosowania proponowanych środków ochronnych, z uwzględnieniem ich optymalizacji; analizy charakteru obszarów ograniczonego użytkowania, istniejących na terenie objętym programem, oraz zakresu wprowadzonych ograniczeń w korzystaniu z tych obszarów.

W myśl ustawy *Prawo ochrony środowiska* ochrona zasobów środowiska polega także na ochronie przed awarią, która realizowana jest poprzez zapobieganie zdarzeniom mogącym powodować awarię oraz ograniczaniu jej skutków w przypadku ludzi i środowiska (art. 243). Do ochrony środowiska przed awariami zobowiązani

są wszyscy prowadzący zakłady stwarzające zagrożenie wystąpienia awarii, dokonujący przewozu substancji niebezpiecznych oraz organy administracji.

Ustawa jasno określa organa administracji do spraw ochrony środowiska, którymi są: wójt (burmistrz, prezydent miasta), starosta, wojewoda i minister odpowiedzialny za sprawy środowiska. Osoby te wykonują zadania w zakresie ochrony środowiska.

Ponieważ środowisko jest dobrem każdego człowieka więc odnosi się je do wspólnoty międzynarodowej. W ustawie nie mogło zabraknąć informacji o transgranicznym oddziaływaniu na środowisko. Ważnym jej zapisem jest część dotycząca postępowania w przypadku transgranicznego oddziaływania na środowisko (art. 58-70), które może pochodzić z terytorium naszego kraju lub też oddziaływania pochodzącego spoza granic Rzeczypospolitej mogące się ujawnić na jej terytorium. W przypadku ujawnienia możliwości takiego oddziaływania wykonuje się ocenę oddziaływania na środowisko w języku państwa, którego terytorium będzie objęte tym oddziaływaniem. Obowiązkiem jest zawiadomienie właściwego ministra danego państwa, do spraw środowiska, o możliwości transgranicznego oddziaływania na środowisko planowanego przedsięwzięcia wraz z przekazaniem niezbędnej dokumentacji. Współpraca międzynarodowa zilustrowana jest także artykułami 270 i 271.

Prawo ochrony środowiska przewiduje także opłaty za korzystanie ze środowiska oraz odpowiedzialność karną (art. 272). Opłata za korzystanie ze środowiska ponoszona jest za (art. 273): wprowadzanie gazów lub pyłów do powietrza, wprowadzanie ścieków do wód lub do ziemi, składowanie odpadów. Natomiast administracyjna odpowiedzialność karna przewidziana jest za przekroczenie lub naruszenie warunków korzystania ze środowiska, a także w zakresie magazynowania odpadów i emitowania hałasu.

Na podstawie art. 322 ustawy *Prawo ochrony środowiska* przewiduje się również odpowiedzialność cywilną za szkody spowodowane oddziaływaniem na środowisko – zgodnie z przepisami Kodeksu Cywilnego. W tym przypadku wobec każdego, kto bezprawnie oddziałuje na środowisko, powodując zagrożenie szkodą lub wyrządza szkodę, oprócz kary pieniężnej (grzywny) można zastosować karę aresztu lub ograniczenia wolności.

Artykuły 362 ÷ 375 wyjaśniają odpowiedzialność administracyjną podmiotu korzystającego ze środowiska i negatywnie na to środowisko oddziałującego. Podmiot, który korzysta ze środowiska, negatywnie nań oddziałując, może zostać zobowiązany do ograniczenia oddziaływania na środowisko i jego zagrożenia, a także może zostać zobowiązany do przywrócenia środowiska do właściwego stanu lub uiszczenia opłaty pieniężnej.

Ustawa powołuje instytucje ochrony środowiska, którymi są (art. 386):

- Państwowa Rada Ochrony Środowiska: jej zadaniem jest opracowywanie opinii w sprawach ochrony środowiska, propozycji i wniosków zmierzających do tworzenia warunków zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska oraz do zachowania lub poprawy jego stanu.

- Komisje do spraw ocen oddziaływania na środowisko (krajowa i wojewódzkie): do zadań Krajowej Komisji do Spraw Ocen Oddziaływania na Środowisko należy przede wszystkim wydawanie opinii odnośnie postępowania w sprawie OOS, monitorowanie funkcjonowania systemu OOS, wydawanie opinii w sprawach projektów aktów prawnych w sprawie OOS oraz współpraca z komisjami niższego szczebla, których zadania są zbliżone.
- Fundusze ochrony środowiska i gospodarki wodnej, które działają jako: narodowy, wojewódzkie, powiatowe i gminne. Dochody ich pochodzą z wpływów z tytułu opłat za korzystanie ze środowiska, pieniężnych kar administracyjnych, opłat produktowych i depozytowych, opłat i kar pieniężnych ustalonych na podstawie przepisów ustawy *Prawo geologiczne i górnictwo*. Dochodami funduszy są także dobrowolne wpłaty, zapisy, darowizny, świadczenia rzeczowe i środki pochodzące z fundacji. Dochody funduszy przeznacza się na finansowanie ochrony środowiska i gospodarki wodnej w celu realizacji zasady zrównoważonego rozwoju.

Każdy szczebel administracji ochrony środowiska ma wyodrębnione cele, na które przeznaczają swe środki finansowe.

Jedną z podstawowych zasad ochrony środowiska jest zasada ścisłego powiązania zagadnień ochrony środowiska przyrodniczego z planowaniem przestrzennym, edukacją ekologiczną, badaniami i reklamą.

4.2. Prawo geologiczne i górnictwo

Zasady i warunki wykonywania prac geologicznych, wydobywania kopalin ze złóż, ochrony złóż kopalin, wód podziemnych i innych składników środowiska naturalnego reguluje ustawa z dnia 4 lutego 1994 r. *Prawo geologiczne i górnictwo* (Dz. U. Nr 27, poz. 96). Jest to akt prawny szczegółowo określający zasady gospodarowania złożem kopaliny i związanej z eksploatacją złoża ochrony środowiska.

Według prawa geologicznego i górnictwa kopaliny są własnością państwa. Prawo wydobywania kopalin przysługuje państwowym przedsiębiorstwom górniczym. Ustawa dopuszcza, by niektóre kopaliny były wydobywane przez niepaństwowe jednostki organizacyjne gospodarki, ale na podstawie specjalnego zezwolenia, czyli koncesji. Eksploatację minerałów nie będących kopalinami, jak na przykład torf, może prowadzić właściciel gruntu.

Przepisy ustawy (o ile nie stanowi inaczej) o wydobywaniu kopalin podstawowych stosuje się do (art. 2) bezzbiornikowego magazynowania substancji w górotworze oraz składowania odpadów w podziemnych wyrobiskach górniczych. Natomiast przepisy ustawy dotyczące kopalin pospolitych stosuje się do poszukiwania, rozpoznawania i wydobywania surowców mineralnych znajdujących się w odpadach po robotach górniczych oraz po procesach wzbogacania kopalin.

Ustawa jednoznacznie informuje, że poszukiwaniem lub rozpoznawaniem złóż kopalin, a także wydobywaniem oznaczonej kopaliny ze złoża, może zajmować się osoba (przedsiębiorca; użytkownik górniczy) pod warunkiem uzyskania *koncesji* (art. 9 i 10).

Tematykę koncesji szczegółowo wyjaśnia rozdział 3 ustawy, który mówi, że (art. 15): *Koncesji wymaga poszukiwanie lub rozpoznawanie złóż kopalin, wydobywanie kopalin ze złóż, bezzbiornikowe magazynowanie substancji w górotworze oraz składowanie odpadów w podziemnych wyrobiskach górniczych, a także poszukiwanie i wydobywanie surowców mineralnych znajdujących się w odpadach powstałych po robotach górniczych oraz po procesach wzbogacania kopalin.*

W celu uzyskania koncesji, użytkownik górniczy musi złożyć *wniosek* o udzielenie koncesji z odpowiednimi załącznikami w zależności od charakteru wykonywanej działalności.

Wniosek o udzielenie **koncesji na poszukiwanie lub rozpoznawanie złóż kopalin** powinien zawierać (art. 18 i 19): oznaczenie podmiotu ubiegającego się o koncesję, oznaczenie jego siedziby oraz wskazanie pełnomocników, jeżeli zostali ustanowieni; określenie przedmiotu projektowanej działalności; określenie prawa wnioskodawcy do terenu (przestrzeni), w ramach którego projektowana działalność ma być wykonywana lub prawa, o ustanowienie którego ubiega się wnioskodawca; określenie czasu, na jaki koncesja ma być udzielona wraz ze wskazaniem daty rozpoczęcia działalności; określenie środków, jakimi dysponuje podmiot ubiegający się o koncesję w celu zapewnienia prawidłowego wykonywania działalności objętej wnioskiem; określenie celów, zakresu, rodzaju i harmonogramu zamierzonych prac; ocenę ich wpływu na środowisko sporządzoną zgodnie z przepisami o ochronie i kształtowaniu środowiska.

Wniosek o udzielenie **koncesji na wydobywanie kopalin**, oprócz wymienionych wyżej elementów, powinien dodatkowo określać (art. 20): złożę kopaliny lub jego część, która ma być przedmiotem wydobywania; wielkość i sposób zamierzonego wydobywania kopaliny; stopień zamierzonego wykorzystania zasobów złoża, w tym kopalin towarzyszących i współwystępujących użytecznych pierwiastków śladowych, jak również środki umożliwiające osiągnięcie tego celu; projektowane położenie obszaru górniczego i jego granice.

Dokumenty, które należy przedłożyć w tym przypadku obejmują:

1. Decyzję o zatwierdzeniu dokumentacji geologicznej złoża kopaliny oraz dowód istnienia prawa przysługującego wnioskodawcy do wykorzystywania tej dokumentacji w celu ubiegania się o koncesję.
2. Założenia projektu zagospodarowania złoża.
3. Ocenę przewidywanego wpływu wydobywania kopaliny na środowisko, sporządzoną zgodnie z przepisami o ochronie i kształtowaniu środowiska.

W przypadku **bezzbiornikowego magazynowania substancji w górotworze oraz składowania odpadów w podziemnych wyrobiskach górniczych** wniosek o udzielenie koncesji, poza wymaganiami określonymi dla wniosku o udzielenie koncesji na poszukiwanie lub rozpoznawanie złóż kopalin, powinien określać (art. 21): rodzaj, ilość i właściwości substancji lub odpadów; aktualne i przewidywane warunki geologiczne, hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie; miejsce

i technologię magazynowania lub składowania. Wymagane przy wniosku załączniki obejmują:

1. Ocenę przewidywanego wpływu magazynowania substancji lub składowania odpadów na środowisko, sporządzoną zgodnie z przepisami o ochronie zasobów środowiska.
2. Analizę zagrożenia radiacyjnego w zakresie określonym przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki – w razie zamierzonego składowania odpadów promieniotwórczych.

W przypadku **akceptacji** wniosku o udzielenie koncesji powinna ona wyraźnie określać (art. 22): rodzaj i sposób prowadzenia działalności objętej koncesją; przestrzeń, w granicach której ma być prowadzona ta działalność, tj. obszar górniczy; okres ważności koncesji ze wskazaniem terminu rozpoczęcia działalności; inne wymagania dotyczące wykonywania działalności objętej koncesją w szczególności w zakresie bezpieczeństwa powszechnego i ochrony środowiska. Ponadto **koncesja na poszukiwanie lub rozpoznawanie złóż kopalin** dodatkowo powinna określać (art. 23): cel, zakres, rodzaj i harmonogram prac geologicznych oraz wymaganą dokładność rozpoznania geologicznego. Natomiast **koncesja na wydobywanie kopalin** powinna dodatkowo zawierać informację o wyznaczonych granicach obszaru i terenu górniczego (art. 25).

Ustawa *Prawo geologiczne i górnicze* reguluje także odpowiedzialność karną i pieniężną za wykroczenia przeciwko zapisom ustawy. W zależności od wykroczenia ustawa przewiduje karę pozbawienia wolności, karę ograniczenia wolności lub karę grzywny.

Organami państwowej administracji geologicznej są: Minister Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, działający przy pomocy Głównego Geologa Kraju, oraz wojewodowie. Zakres działania państwowej administracji geologicznej przede wszystkim obejmuje: decyzje związane z przestrzeganiem prawa geologicznego, udzielanie koncesji, kontrolowanie zgodności zakresu działalności przedsiębiorcy górniczego z udzieloną koncesją, bilansowanie zasobów wód podziemnych i zasobów kopalin, gromadzenie, przetwarzanie i udostępnianie danych geologicznych, kartowanie geologiczne.

Organami państwowego nadzoru górniczego w odniesieniu do:

- wydobywania kopalin podstawowych i pospolitych w granicach obszarów morskich Rzeczypospolitej Polskiej oraz bezzbiornikowego magazynowania w górotworze bądź składowania odpadów w podziemnych wyrobiskach górniczych są: Wyższy Urząd Górniczy oraz okręgowe urzędy górnicze i specjalistyczne urzędy górnicze;
- wydobywania kopalin pospolitych i surowców mineralnych znajdujących się w odpadach powstałych po robotach górniczych oraz procesach wzbogacania kopalin są: Minister Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa oraz wojewodowie.

Pozostałe, istotne treści ustawy *Prawo geologiczne i górnicze* przedstawione zostały w następnych rozdziałach: „Surowce mineralne” i „Górnictwo – podstawowe wiadomości”.

Nie ujęte w ustawie problemy dotyczące ochrony zasobów środowiska i zrównoważonego rozwoju regulują odrębne ustawy i przepisy uzupełniające.

4.3. Prawo wodne

Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. **Prawo wodne** (Dz.U. Nr 115, poz. 1229 oraz Dz.U. Nr 154, poz. 1803) reguluje gospodarowanie wodami powierzchniowymi i podziemnymi zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju, a w szczególności kształtowanie i ochronę zasobów wodnych, korzystanie z wód oraz zarządzanie zasobami wodnymi. Cele te realizowane są z zachowaniem zasady racjonalnego i całościowego traktowania zasobów wód powierzchniowych i podziemnych z uwzględnieniem ich ilości i jakości. Zarządzanie zasobami wodnymi służy zaspokajaniu potrzeb ludności, gospodarki, ochronie wód i środowiska związanego z tymi zasobami.

Ustawa reguluje zasady korzystania z wód, które nie mogą powodować pogarszania stanu ekologicznego wód i ekosystemów od nich zależnych. Nie może dochodzić także do marnotrawstwa wody i marnotrawstwa energii wody. Wody nie mogą też wyrządzać szkód.

Przepisy dotyczące korzystania z wód stosuje się do nawadniania i odwadniania gruntów, odwadniania obiektów lub wykopów budowlanych oraz zakładów górniczych, użytkowania wód znajdujących się w rowach, wprowadzania ścieków do wód lub do ziemi, wprowadzania do urządzeń kanalizacyjnych ścieków zawierających substancje szczególnie szkodliwe dla środowiska wodnego, rolniczego wykorzystania ścieków, wydobywania z wód powierzchniowych kamienia, żwiru, piasku oraz innych materiałów, a także wycinania roślin z wód lub brzegu.

Według ustawy korzystanie z wód obejmuje ich **użytkowanie zwykle**, czyli służące zaspokajaniu potrzeb własnego gospodarstwa domowego lub rolnego oraz **użytkowanie szczególne** (art. 36 i 37). Za szczególne korzystanie z wód ustawa rozumie korzystanie wykraczające poza korzystanie powszechne lub zwykle, a w szczególności: pobór oraz odprowadzanie wód powierzchniowych lub podziemnych, wprowadzanie ścieków do wód lub do ziemi, przerzuty wody oraz sztuczne zasilanie wód podziemnych, piętrenie oraz retencjonowanie śródlądowych wód powierzchniowych, korzystanie z wód do celów energetycznych, korzystanie z wód do celów żeglugi i spławu, wydobywanie z wód kamienia, żwiru, piasku oraz innych materiałów, a także wycinanie roślin z wód lub brzegu i rybackie korzystanie ze śródlądowych wód powierzchniowych.

Szczególnie ważnym elementem ustawy jest Dział III regulujący zasady ochrony wód oraz ustalający strefy ochronne wód, niezależnie od tego, czyją stanowią własność.

Celem ochrony wód jest utrzymanie lub poprawa jakości wód, biologicznych stosunków w środowisku wodnym i na obszarach zalewowych, tak aby wody osiągnęły dobry stan ekologiczny i w zależności od potrzeb nadawały się do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia i bytowania ryb w warunkach naturalnych oraz umożliwiały ich migrację. Wody powinny służyć także rekreacji oraz uprawianiu sportów wodnych.

Dział IV ustawy *Prawo wodne* reguluje zasady budownictwa wodnego. Budownictwo wodne polega na wykonywaniu i utrzymaniu urządzeń wodnych,

w sposób zachowujący dobry stan ekologiczny wód i charakterystycznych dla nich biocenoz, z zachowaniem istniejącej rzeźby terenu oraz biologicznych stosunków w środowisku wodnym i na obszarach zalewowych. Budownictwo wodne obejmuje również regulację koryt cieków wodnych, w celu poprawy warunków korzystania z wód i ochrony przeciwpożarowej. Natomiast melioracje wodne służą do regulacji stosunków wodnych w celu polepszenia zdolności produkcyjnej gleby, ułatwienia jej uprawy oraz ochrony użytków rolnych przed powodzią.

Ustawa reguluje również sposób ochrony przed powodzią i suszą, zobowiązując do niej organy administracji rządowej i samorządowej (Dział V).

Nadzór nad właściwym gospodarowaniem wodami, zarządzaniem zasobami wodnymi oraz korzystaniem z wód powierzony został Prezesowi Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej oraz dyrektorom regionalnych zarządów gospodarki wodnej. Poświęcony im Dział VI ustawy określa ich szczegółowe zadania i obowiązki.

Zadania w zakresie osłony hydrologicznej i meteorologicznej społeczeństwa oraz gospodarki, a także zadania na potrzeby bilansowania zasobów wód powierzchniowych ustawa powierza Państwowej Służbie Hydrologiczno-Meteorologicznej, którą pełni Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Do jego podstawowych zadań należy:

- wykonywanie pomiarów i obserwacji hydrologicznych oraz meteorologicznych;
- gromadzenie, przetwarzanie, archiwizowanie i udostępnianie informacji hydrologicznych oraz meteorologicznych;
- wykonywanie bieżących analiz i ocen sytuacji hydrologicznej oraz meteorologicznej;
- opracowywanie i przekazywanie prognoz meteorologicznych oraz hydrologicznych;
- opracowywanie i przekazywanie organom administracji publicznej ostrzeżeń przed niebezpiecznymi zjawiskami zachodzącymi w atmosferze i hydrosferze.

Zadania w zakresie rozpoznawania, bilansowania i ochrony wód podziemnych w celu racjonalnego ich wykorzystania ustawa powierza Państwowej Służbie Hydrogeologicznej, którą pełni Państwowy Instytut Geologiczny. Podstawowe jego zadania to:

- wykonywanie pomiarów i obserwacji hydrogeologicznych;
- gromadzenie, przetwarzanie, archiwizowanie oraz udostępnianie zgromadzonych informacji, w szczególności dotyczących zasobów, stanów i jakości wód podziemnych;
- wykonywanie bieżących analiz i ocen sytuacji hydrogeologicznej;
- opracowywanie oraz przekazywanie prognoz zmian zasobów, jakości oraz zagrożeń wód podziemnych;
- opracowywanie i przekazywanie organom administracji publicznej ostrzeżeń przed niebezpiecznymi zjawiskami zachodzącymi w strefach zasilania oraz poboru wód podziemnych.

Jednym z zadań Prezesa Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej jest prowadzenie katastru wodnego dla obszaru państwa, z uwzględnieniem podziału na obszary dorzeczy.

Kataster wodny jest systemem informacyjnym o gospodarowaniu wodami. Składa się z dwóch działów. **Dział I** katastru wodnego zajmuje się gromadzeniem informacji w zakresie:

- sieci hydrograficznej oraz hydrogeologicznych i meteorologicznych posturunków obserwacyjno-pomiarowych;
- zasobów wód podziemnych, lokalizacji głównych zbiorników wód podziemnych oraz sieci stacjonarnych obserwacji wód;
- ilości i jakości zasobów wód powierzchniowych i podziemnych;
- wielkości poboru wody powierzchniowej i podziemnej;
- źródeł i charakterystyki zanieczyszczeń punktowych oraz obszarowych;
- stanu biologicznego środowiska wodnego oraz terenów zalewowych;
- obwodów rybackich oraz rybackiej przydatności wód (bonitacji);
- użytkowania wód wraz z charakterystyką korzystania z wód;
- pozwoleń wodnoprawnych;
- urzędzeń wodnych;
- stref i obszarów ochronnych oraz obszarów narażonych na niebezpieczeństwo powodzi;
- spółek wodnych.

Dział II katastru wodnego obejmuje plany gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy, ochrony przeciwpowodziowej oraz przeciwdziałania skutkom suszy na obszarze kraju i regionu z uwzględnieniem podziału na obszary dorzeczy, projekty list programów priorytetowych narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, projekty list przedsięwzięć priorytetowych przedkładanych przez Wojewódzkie Fundusze Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Ustawa *Prawo wodne* przewiduje także odpowiedzialność oraz określa przepisy karne za szkody. W rozumieniu ustawy szkoda polega na: uniemożliwieniu lub utrudnieniu korzystania z wody do zwalczania poważnych awarii, klęsk żywiołowych, pożarów lub innych zagrożeń miejscowych czy też uniemożliwieniu lub utrudnieniu zapobieżenia poważnemu niebezpieczeństwu grożącemu życiu, zdrowiu osób lub mieniu o znacznej wartości. Szkoda to także: niszczenie lub uszkodzenie brzegów śródlądowych wód powierzchniowych, zmiana stanu wody na gruncie, rozcieńczenie ścieków wodą w celu uzyskania ich stanu i składu zgodnego z przepisami ale nie zapewniające ochrony wód przed zanieczyszczeniem.

4.4. *Prawo atomowe*

29 listopada 2000 r. Sejm uchwalił ustawę *Prawo atomowe* (Dz.U. z dnia 18 stycznia 2001 r., Nr 3, poz. 18).

Ustawa jednoznacznie reguluje przepisy w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej oraz ochrony zdrowia pracowników. Określa, które objekty

należą do obiektów jądrowych, sposoby prowadzenia ewidencji materiałów jądrowych, kontroli i ewidencji ruchu materiałów jądrowych i źródeł promieniowania jonizującego. Wyjaśnia metody postępowania z odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym oraz ich transportem. Wytycza kierunek nadzoru i kontroli w zakresie przestrzegania warunków bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. Ustawa określa metody i sposoby dokonywania systematycznej oceny sytuacji radiacyjnej kraju, postępowania w przypadku zdarzeń radiacyjnych oraz odpowiedzialność cywilną i karną za szkody jądrowe.

Ustawa *Prawo atomowe* określa m.in. (art. 1):

- działalność w zakresie pokojowego wykorzystania energii atomowej związanej z rzeczywistym i potencjalnym narażeniem na promieniowanie jonizujące od sztucznych źródeł promieniotwórczych, materiałów jądrowych, urządzeń wytwarzających promieniowanie jonizujące, odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego;
- zasady monitorowania skażeń promieniotwórczych oraz reguluje działania podejmowane w przypadku zdarzeń radiacyjnych, jak również w przypadku długotrwałego narażenia w następstwie zdarzenia radiacyjnego lub dawnej działalności.

Zapisy ustawy stosowane są także do działalności wykonywanej w warunkach zwiększonego narażenia na naturalne promieniowanie jonizujące (w wyniku działalności człowieka).

Ochrona radiologiczna w zakresie bezpieczeństwa polega przede wszystkim na uzyskaniu zezwolenia lub zgłoszenia, w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, działalności związanej z (art. 4):

- wytwarzaniem, przetwarzaniem, przechowywaniem, składowaniem, transportem lub stosowaniem materiałów jądrowych, źródeł i odpadów promieniotwórczych oraz wypalonego paliwa jądrowego i obrotem nimi;
- budową, rozruchem, próbą i stałą eksploatacją oraz likwidacją obiektów jądrowych;
- budową, eksploatacją, zamknięciem i likwidacją składowisk odpadów promieniotwórczych i składowisk wypalonego paliwa jądrowego oraz budową i eksploatacją przechowalników wypalonego paliwa jądrowego;
- produkowaniem, instalowaniem, stosowaniem i obsługą urządzeń zawierających źródła promieniotwórcze oraz obrotem tymi urządzeniami;
- produkowaniem, nabywaniem, uruchamianiem i stosowaniem urządzeń wytwarzających promieniowanie jonizujące;
- uruchamianiem laboratoriów i pracowni, w których mają być stosowane źródła promieniowania jonizującego, w tym pracowni rentgenowskich;
- zamierzonym dodawaniem substancji promieniotwórczych w procesie produkcyjnym wyrobów powszechnego użytku i artykułów medycznych oraz obrotem tymi wyrobami i artykułami;
- zamierzonym podawaniem substancji promieniotwórczych ludziom i zwierzętom w celu medycznej lub weterynaryjnej diagnostyki, leczenia lub badań naukowych.

Do obiektów jądrowych zalicza się przede wszystkim (art. 34): elektrownie, elektrociepłownie i ciepłownie jądrowe z energetycznymi reaktorami jądrowymi; badawcze, doświadczalne i inne reaktory jądrowe; obiekty przeznaczone do wytwarzania, przetwarzania, przechowywania i składowania materiałów jądrowych i paliwa jądrowego – od rozpoczęcia budowy do zakończenia ich likwidacji.

Budowa obiektu jądrowego na określonym terenie, jego eksploatacja i likwidacja wymaga stosownych zezwoleń na podstawie przepisów ustaw *o zagospodarowaniu przestrzennym*, *Prawo budowlane*, *Prawo ochrony środowiska*. Ponieważ obiekty jądrowe podlegają szczególnej ochronie fizycznej, więc obowiązkiem jest tworzenie wokół nich obszarów ograniczonego użytkowania.

Materiały jądrowe, źródła promieniowania jonizującego, odpady promieniotwórcze i wypalone paliwo jądrowe skrupulatnie są ewidencjonowane, kontrolowane odnośnie ich stanu i ruchu z zapewnieniem ochrony fizycznej.

Artykuł 47 ustawy *Prawo atomowe* kwalifikuje odpady promieniotwórcze ze względu na poziom aktywności lub moc dawki na powierzchni do kategorii odpadów: niskoaktywnych, średnioaktywnych i wysokoaktywnych. Kategorie mogą być podzielone na podkategorie ze względu na okres połowicznego rozpadu zawartych w odpadach izotopów promieniotwórczych lub wydzielaną moc cieplną.

Wycofane z użytkowania bądź zużyte zamknięte źródła promieniotwórcze tworzą dodatkową kategorię odpadów promieniotwórczych, które ze względu na poziom aktywności kwalifikowane są do podkategorii zużytych zamkniętych źródeł: niskoaktywnych, średnioaktywnych i wysokoaktywnych. Te z kolei, ze względu na okres połowicznego rozpadu zawartych w nich izotopów dzieli się na krótkożyciowe i długożyciowe.

Odpady promieniotwórcze i wypalone paliwo jądrowe przechowuje się w warunkach umożliwiających ich segregację oraz w sposób zapewniający ochronę ludzi i środowiska (art. 50).

Odpady promieniotwórcze, które zostały przetworzone lub nie wymagają przetwarzania, oraz wypalone paliwo jądrowe, które nie będzie przerabiane, izolowane są od środowiska poprzez gromadzenie na składowiskach powierzchniowych i głębszych. Wypalone paliwo jądrowe przeznaczone do składowania traktuje się jak odpady wysokoaktywne. Odpady te składa się w stanie stałym, odpowiednio opakowane, z zapewnionym odprowadzeniem ciepła i zabezpieczeniem przed możliwością powstania masy krytycznej. Bez względu na sposób składowania, składowanie odpadów promieniotwórczych musi zapewniać stałą kontrolę w okresie składowania, a także po zamknięciu składowiska.

Ustawa dopuszcza, by odpady promieniotwórcze ciekłe lub gazowe, o ile ich stężenie promieniotwórcze w środowisku może być pominięte z punktu widzenia ochrony radiacyjnej, mogły być odprowadzane do środowiska (art. 52).

Transport materiałów jądrowych prowadzi się w sposób uniemożliwiający wystąpienie samopodtrzymującej się reakcji łańcuchowej rozszczepienia jądrowego i z zachowaniem zasad ochrony fizycznej. Transport materiałów jądrowych oraz

źródeł promieniowania jonizującego, odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego prowadzi się z uwzględnieniem zagrożeń, jakie mogą stwarzać ich właściwości fizyko-chemiczne (art. 58 i 59). Przywóz i wywóz na lub z polskiego obszaru celnego tych materiałów wymaga stosownych zezwoleń.

Nadzór i kontrolę w zakresie przestrzegania warunków bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej ustawa powierza organom dozoru jądrowego, którymi są: Prezes Agencji (naczelnym organem dozoru jądrowego), Główny Inspektor Dozoru Jądrowego, inspektorzy dozoru jądrowego. Szczegółowe ich zadania określa ustawa *Prawo atomowe*.

Oceny sytuacji radiacyjnej kraju dokonuje się na podstawie informacji otrzymywanych ze stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych, z placówek prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych oraz od służb, które dysponują danymi niezbędnymi do oceny sytuacji radiacyjnej kraju, w tym służby meteorologicznej, oraz z innych źródeł. Wszystkie informacje są analizowane i weryfikowane oraz przechowywane w bazie danych.

Ze względu na zasięg skutków zdarzeń radiacyjnych wyróżnia się trzy ich rodzaje:

- **Zdarzenie radiacyjne o zasięgu lokalnym**, które wystąpiło na terenie jednostki organizacyjnej i zasięg jego skutków nie przekracza jej granic.
- **Zdarzenie radiacyjne o zasięgu wojewódzkim**, które wystąpiło na terenie jednostki organizacyjnej lub poza nią i zasięg jego skutków nie przekracza obszaru jednego województwa.
- **Zdarzenie radiacyjne o zasięgu krajowym**, które wystąpiło na terenie jednostki organizacyjnej lub poza nią i zasięg jego skutków przekracza obszar jednego województwa lub przekracza granice Rzeczypospolitej Polskiej.

W przypadku wystąpienia zdarzeń radiacyjnych ustawa przewiduje działania interwencyjne, do których należą: czasowe przesiedlenie ludności, nakaz pozostania w pomieszczeniach zamkniętych, podanie preparatów ze stabilnym jodem, zakaz lub ograniczenie spożywania skażonej żywności i wody pitnej, karmienia zwierząt hodowlanych skażoną paszą i pojenia skażoną wodą oraz wypasu bydła na skażonym terenie.

Ustawa *Prawo atomowe* przewiduje odpowiedzialność cywilną za szkody jądrowe i inne niezgodności w stosowaniu ustawy.

4.5. Ochrona gruntów rolnych i leśnych

Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. *o ochronie gruntów rolnych i leśnych* jest ustawą regulującą ochronę agrosystemów czyli systemów rolniczych.

Reguluje ona zasady ochrony gruntów rolnych i leśnych, a także zasady rekultywacji nieużytków i gleb zdegradowanych, w celu zachowania jak największego obszaru terenów rolniczych i leśnych, poprawy ich wartości oraz pełnego wykorzystania na potrzeby produkcji tych działów gospodarki.

Ochrona gruntów rolnych i leśnych, w myśl opisywanej ustawy, polega w szczególności na: ograniczaniu przeznaczenia ich na cele nierolnicze i nieleśne; zapobie-

ganiu procesom degradacji i dewastacji tych gruntów (a także szkodom w drzewostanach i produkcji leśnej) w wyniku działalności nierolniczej i nieleśnej; przywracaniu wartości użytkowej terenom zdegradowanym; poprawianiu wartości użytkowych tych gruntów oraz zapobieganiu obniżaniu ich produktywności i urodzajności; zachowaniu torfowisk i oczek wodnych jako naturalnych zbiorników wodnych.

Ustawa określa ograniczenia w przeznaczaniu gruntów na cele nierolnicze i nieleśne, zasady wyłączenia terenów z produkcji rolniczej i leśnej oraz zapobiegania degradacji gleb. Obejmuje również zasady rekultywacji i zagospodarowania gleb, głosząc, że: rekultywacja gleb polega na nadaniu lub przywróceniu im wartości użytkowych przez właściwe ukształtowanie rzeźby terenu, poprawienie właściwości fizycznych i chemicznych, regulowanie stosunków wodnych, odtwarzanie gleb i umacnianie skarp. Natomiast zagospodarowanie gruntów zrekultywowanych polega na rolniczym, leśnym lub innym użytkowaniu tych gruntów.

Ustawa o ochronie gruntów rolnych i leśnych nakazuje utworzenie Funduszu Ochrony Gruntów Rolnych, którego środki będą przeznaczone m.in. na ochronę, rekultywację i poprawę jakości gruntów rolnych oraz wypłatę odszkodowań przewidzianych ustawą. Dochody Funduszu pochodzą z opłat za wyłączenie z produkcji rolniczej gruntów rolnych oraz opłat rocznych z tego tytułu, a także z opłat za niewykonanie obowiązku zdjęcia i wykorzystania próchnicznej warstwy gleby.

4.7. Ochrona przyrody

16 października 1991 r. uchwalona została przez Sejm ustawa o ochronie przyrody (Dz.U. Nr 114, poz. 492, z późniejszymi zmianami). Ustawa ta została znowelizowana ustawą z dnia 7 grudnia 2000 r. ***o zmianie ustawy o ochronie przyrody*** (Dz.U. 2001, nr 3, poz. 21).

W rozumieniu ustawy ochrona przyrody oznacza zachowanie, właściwe wykorzystanie oraz odnawianie zasobów przyrody i jej składników (art. 2). W szczególności ochrona ta obejmuje: dziko występującą roślinność i zwierzęta, siedliska przyrodnicze, siedliska gatunków chronionych roślin i zwierząt, zwierzęta prowadzące wędrowny tryb życia, rośliny i zwierzęta objęte ochroną na podstawie innych przepisów, przyrodę nieożywioną, krajobraz.

Celem ochrony przyrody jest w szczególności:

- utrzymanie procesów ekologicznych i stabilności ekosystemów;
- zachowanie różnorodności biologicznej;
- zachowanie dziedzictwa geologicznego;
- zapewnienie ciągłości istnienia gatunków roślin i zwierząt wraz siedliskami poprzez utrzymywanie lub przywracanie ich do właściwego stanu;
- utrzymywanie lub przywracanie do właściwego stanu siedlisk przyrodniczych, a także innych zasobów przyrody i jej składników;
- kształtowanie właściwych postaw człowieka wobec przyrody.

W myśl ustawy ochrona przyrody jest obowiązkiem każdego obywatela, organów administracji publicznej, a także jednostek organizacyjnych oraz osób prawnych i fizycznych prowadzących działalność wpływającą na przyrodę (art. 3).

Ustawa szczegółowo reguluje formy i wykonanie ochrony przyrody oraz gospodarowanie jej zasobami i składnikami.

Poddanie pod ochronę następuje przez tworzenie parków narodowych, uznawanie określonych obszarów za rezerwy przyrody, tworzenie parków krajobrazowych, wyznaczanie obszarów chronionego krajobrazu, wprowadzanie ochrony gatunkowej roślin i zwierząt. W rozumieniu ustawy ochrona polega na wprowadzaniu jej w drodze uznania za pomniki przyrody, stanowiska dokumentacyjne, użytki ekologiczne, zespoły przyrodniczo-krajobrazowe (art. 13).

Gospodarowanie zasobami przyrody obejmuje w szczególności dziko występujące rośliny i zwierzęta, które powinny mieć zapewnioną trwałość i optymalną liczebność. Warunki te tworzą podwaliny pod zachowanie, w możliwie największym stopniu, różnorodności genetycznej. Osiągnąć to można poprzez ochronę, utrzymanie i racjonalne zagospodarowanie naturalnych zbiorowisk roślinnych, a przede wszystkim lasów, torfowisk, bagien, muraw, solnisk, wydm i brzegów wód oraz naturalnych stanowisk roślin i zwierząt; rozmnażanie i rozprzestrzenianie ginących roślin i zwierząt, ochronę i odtwarzanie stanowisk zwierząt rzadkich oraz ochronę tras migracyjnych zwierząt (art. 41).

Ustawa porządkuje system skutków prawnych i przepisów karnych w razie naruszenia ograniczeń lub zakazów regulowanych ustawą. Ograniczenia mogą dotyczyć m.in. zakazu polowania, wędkowania, chwytania, płoszenia i zabijania dziko żyjących zwierząt, pozyskiwania, niszczenia lub uszkodzenia roślin, zmian stosunków wodnych, wydobywania surowców mineralnych, ruchu pojazdów, palenia tytoniu, zakłócania ciszy itp.

4.8. Ochrona lasów

28 września 1991 r. Sejm uchwalił ustawę *o lasach* (Dz.U. Nr 101, poz. 444, z późniejszymi zmianami). Ustawa określa zasady zachowania, ochrony i powiększania zasobów leśnych oraz gospodarki leśnej w powiązaniu z innymi elementami środowiska i z gospodarką narodową. Szczegółowe cele gospodarki leśnej ujęte zostały jako (art. 7):

- Zachowanie lasów i korzystnego ich wpływu na klimat, powietrze, wodę, glebę, warunki życia i zdrowie człowieka oraz na równowagę przyrodniczą.
- Ochrona lasów stanowiących naturalne fragmenty rodzimej przyrody lub lasów szczególnie cennych ze względu na zachowanie leśnych zasobów genetycznych, walory krajobrazowe, potrzeby nauki.
- Ochrona gleb i terenów szczególnie narażonych na zanieczyszczenie lub uszkodzenie albo o specjalnym znaczeniu społecznym.
- Produkcja drewna na zasadzie najwyższej opłacalności oraz surowców i produktów ubocznego użytkowania lasu.

Ustawa określa rodzaj lasów, które poddaje się ochronie ze względu na funkcje, jakie spełniają. Są to lasy, które (art. 15):

- chronią glebę przed zmywaniem lub wyjąłowieniem, powstrzymują usuwanie się ziemi, obrywanie się skał lub lawin;

- chronią brzegi wód przed obrywaniem, a źródła rzek przed zasypywaniem;
- ograniczają powstawanie lub rozprzestrzenianie się lotnych piasków;
- stanowią drzewostany uszkodzone na skutek działalności przemysłu;
- stanowią drzewostany nasienne lub ostoje zwierząt podlegających ochronie gatunkowej;
- mają szczególne znaczenie przyrodniczo-naukowe lub dla obronności kraju i bezpieczeństwa Państwa;
- są położone: w granicach administracyjnych miast; w odległości 10 km od granic miast liczących ponad 50 tys. mieszkańców; w strefach ochronnych wokół sanatoriów i uzdrowisk; w górnej strefie lasów.

Ustawa reguluje także zasady udostępniania lasów, czynności zabronione na terenach leśnych, plan urządzenia lasu oraz zasady funkcjonowania państwowych gospodarstw leśnych „Lasy Państwowe” i służby leśnej.

Obszary leśne objęte **stałym zakazem wstępu** obejmują uprawy leśne do 4 m wysokości, powierzchnie doświadczalne i nasienne drzewostany, będące ostoją zwierząt. Stały zakaz wstępu dotyczy także lasów stanowiących źródlika rzek i potoków czy narażonych na erozję. **Okresowy zakaz wstępu** do lasu wprowadzany jest gdy wystąpiło zniszczenie lub znaczne uszkodzenie drzewostanów czy degradacja runa leśnego, gdy występuje znaczne zagrożenie pożarowe lub są wykonywane zabiegi gospodarcze związane z hodowlą, ochroną lasu lub pozyskaniem drewna (art. 26).

Plan urządzenia lasu sporządza się z uwzględnieniem przyrodniczych i ekonomicznych warunków gospodarki leśnej, jej celów i zasad, sposobów jej realizacji, określanych dla każdego drzewostanu i urządzanego obiektu, z uwzględnieniem lasów ochronnych. Plan obejmuje: opis lasów i gruntów przeznaczonych do zalesienia, zestawienie ich powierzchni wraz z leśną roślinnością (według gatunków drzew w drzewostanie, klas wieku, klas bonitacji drzewostanów oraz funkcji lasów), analizę leśnej gospodarki w okresie minionym, program ochrony przyrody i zadania przewidziane do realizacji w przyszłości (ilość przewidzianego do pozyskania drewna, zalesień i odnowień, pielęgnowania i ochrony lasu, gospodarki łowieckiej, potrzeb w zakresie infrastruktury technicznej) (art.18).

W skład lasów państwowych wchodzi jednostki organizacyjne: Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, dyrekcje regionalne, nadleśnictwa oraz inne jednostki organizacyjne, nie posiadające osobowości prawnej. Ich zadaniem jest inicjowanie, koordynowanie, nadzór i zarządzanie zasobami leśnymi (gruntami i innymi nabytymi nieruchomościami), przedsięwzięciami na rzecz ochrony lasów, racjonalną gospodarką leśną i rozwojem leśnictwa.

Służbę leśną tworzą osoby zajmujące się zarządzaniem lasów, prowadzeniem gospodarki leśnej i ochroną lasów, zwalczaniem przestępstw i wykroczeń w zakresie szkodnictwa leśnego i innymi czynnościami.

Omówione powyżej akty prawne nie obejmują całości tematyki i problemów związanych z prawem ochrony środowiska w Polsce. Jest to tylko ogólny przegląd wybranych zagadnień, ważnych dla zrozumienia jak szerokim zakresem jest problem utrzymania w równowadze problematyki społeczno-gospodarczo-środowiskowej i prowadzenia zrównoważonego rozwoju.

Czytelnika zachęcam do przestudiowania przepisów prawa: *Kodeks cywilny* (ustawa z 23 kwietnia 1964 r., Dz.U. nr 16, poz. 93); *Kodeks karny* (ustawa z dnia 6 czerwca 1997 r., Dz.U. nr 88, poz. 553); *Kodeks spółek handlowych* (ustawa z dnia 8 listopada 2000 r., Dz.U. nr 94, poz. 1037); *Kodeks pracy* (ustawa z dnia 21 grudnia 2001 r. o zmianie ustawy – Kodeks pracy, Dz.U. nr 154, poz. 1805.); *Prawo działalności gospodarczej* (ustawa z dnia 19 listopada 1999 r., Dz.U. nr 101, poz. 1178); *Prawo geodezyjne i kartograficzne* (ustawa z dnia 17 maja 1989 r., Dz.U. nr 30, poz. 163); *Prawo budowlane* (ustawa z dnia 7 lipca 1994 r., Dz.U. nr 89, poz. 414); ustawa z dnia 27 marca 2003 r. *o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym* (Dz.U. nr 80, poz. 717); ustawa z dnia 30 sierpnia 1996 r. *o komercjalizacji i prywatyzacji przedsiębiorstw państwowych* (Dz.U. nr 118, poz. 561); ustawa z dnia 26 listopada 1998 r. *o dostosowaniu górnictwa węgla kamiennego do funkcjonowania w warunkach gospodarki rynkowej oraz szczególnych uprawnieniach i zadaniach gmin górniczych* (Dz.U. nr 162, poz. 1112); ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. *o ochronie przeciwpożarowej* (Dz.U. nr 81, poz. 351); ustawa z dnia 9 listopada 2000 r. *o dostępie do informacji o środowisku i jego ochronie oraz o ocenach oddziaływania na środowisko* (Dz.U. nr 109, poz. 1157); ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. *o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami* (Dz.U. nr 162, poz. 1568); ustawa z dnia 24 lipca 1998 r. *o zmianie niektórych ustaw określających kompetencje organów administracji publicznej – w związku z reformą ustrojową państwa* (Dz.U. nr 106, poz. 668) – i ich modyfikacje. Szczególnie ważne są akty prawne powstałe po 1999 roku, które wprowadzają istotne zmiany w zakresie działania urzędów ochrony środowiska, urzędów górniczych, przedsiębiorstw i zakładów produkcyjnych zarówno państwowych, jak i prywatnych oddziałujących na środowisko.

Dostosowanie prawa środowiskowego w Polsce do wymogów stawianych przez Unię Europejską jest priorytetem zapewniającym przyjęcie naszego kraju w jej szeregi.

*Piękno tej ziemi skłania mnie do wołania o jej zachowanie dla przyszłych pokoleń.
Jeśli kochacie tę ojczyzną ziemię, niech to wołanie nie pozostanie bez odpowiedzi*

Ojciec Święty Jan Paweł II (Zamość, 12 czerwca 1999 r.)

Rozdział 5

ŚRODOWISKO W NAUCZANIU KOŚCIOŁA RZYMSKOKATOLICKIEGO

Ochrona środowiska życia człowieka znajduje swoje miejsce w praktyce społecznej, moralnej i teologicznej Kościoła rzymskokatolickiego. Szczególną rolę pełni tutaj Ojciec Święty Jan Paweł II, który swoje papieskie orędzie w sprawach wiary i moralności odnosi nie tylko do hierarchii kościelnej, ale także do wiernych – często wiernych wszystkich wyznań.

Jan Paweł II swe orędzie noworoczne, otwierające ostatnie dziesięciolecie XX wieku, poświęcił problemom chaotycznej gospodarki zasobami przyrody i stopniowemu pogarszaniu się jakości życia człowieka. Swoje stanowisko w tych kwestiach zawarł także w Encyklikach, w których znalazł miejsce i dla spraw środowiska życia człowieka.

Encyklika „Redemptor hominis” (1979)

Encyklika Jana Pawła II „Redemptor hominis” (1979) zwraca uwagę na aspekt lekceważenia równowagi w obrębie relacji człowiek – środowisko – gospodarka: *człowiek zdaje się często nie dostrzegać innych znaczeń swego naturalnego środowiska, jak tylko te, które służą celom doraźnego użycia i zużycia. Tymczasem Stwórca chciał, aby człowiek obcował z przyrodą jako jej rozumny i szlachetny pan i stróż, a nie jako bezwzględny eksploatacator.* Z tekstu tego wysnuć można wniosek, że panowanie człowieka nad światem o tyle będzie panowaniem prawdziwym, o ile cała biosfera nie zostanie zakłócona do głębi przez rabunkową działalność gospodarczą. Tak więc nie tylko humanizm i nakaz cywilizacyjnego ulepszania świata, ale przede wszystkim zasada wolności człowieka jest podstawową barierą dla nieuporządkowanego rozwoju gospodarki. Jan Paweł II wezwał do *uczciwego i racjonalnego planowania* dla zachowania prawdziwej wolności człowieka. Współcześnie nie wystarczy już tylko zachowanie wolności socjalnej i politycznej, ale należy dbać o zachowanie wolności od kryzysu ekologicznego. Takie są wymogi współczesnego humanizmu i misji cywilizacyjnej człowieka.

Encyklika „Sollicitudo rei socialis” (1987)

Encyklika „Sollicitudo rei socialis” (1987) poprzez znaczące elementy ekologiczne proponuje nowe rozumienie naszego życia na Ziemi. Zwracając uwagę na wyczerpywanie się zasobów naturalnych i ich nieodnawialność, Jan Paweł II podkreśla fundamentalny fakt: ochrona środowiska jest konieczna dla prawdziwego

rozwoju człowieka. Ponieważ rozwój ten ma być ukierunkowany moralnie, encyklika przedstawia oczywisty fakt: świat (kosmos) został stworzony przez Stwórcę dla człowieka, człowiek ten jest moralnie odpowiedzialny za stan środowiska. *Należy lepiej uświadomić sobie, że nie można używać różnego rodzaju bytów żyjących czy nieżyjących, składników naturalnych, roślin, zwierząt, w sposób dowolny, jedynie według własnych potrzeb gospodarczych. Przeciwnie, należy brać pod uwagę naturę każdego bytu oraz ich wzajemne powiązanie w uporządkowany system, którym jest kosmos (...). Jeszcze raz staje się oczywiste, że rozwój, jego planowanie, użycie zasobów i sposób ich wykorzystania nie mogą być oderwane od poszanowania wymogów moralnych.* W encyklice zwraca uwagę na pewną obiektywną współzależność ładu ekologicznego i ładu moralnego.

Papież wskazuje również, że: *w odniesieniu do widzialnej natury jesteśmy poddani prawom nie tylko biologicznym, ale także moralnym, których nie można bezkarnie przekraczać.* Zwraca uwagę na fakt, że barierą rozwoju cywilizacyjnego są skutki funkcjonowania przemysłu nieuporządkowanego ekologicznie, a więc nie prowadzącego do rozwoju dla dobra człowieka, lecz niszczącego zdrowie i przyrodę. Jest to rozwój niezgodny z poszanowaniem norm moralnych.

Encyklika „Centesimus annus” (1991)

Spółeczna nauka Kościoła rzymskokatolickiego o ochronie środowiska rozwija współcześnie, w sposób konsekwentny i równoległy, cztery aspekty: jednostkową odpowiedzialność za swoje zdrowie i postawę wobec środowiska, ochronę przyszłych pokoleń przed skutkami degradacji przyrody, ochronę środowiska człowieka oraz ochronę rodziny. Nurty te znalazły odzwierciedlenie w encyklice Jana Pawła II „Centesimus annus” (1991) pod ogólną formułą „prawdziwa ekologia człowieka”. Kościół zwraca w niej uwagę na niebezpieczne niszczenie środowiska człowieka, o wiele gorsze od degradacji przyrody i domaga się ochrony warunków moralnych prawdziwej ekologii ludzkiej. Konsumizm, bezmyślne i irracjonalne niszczenie środowiska przyrodniczego, ograniczenie widzenia człowieka kierowanego żądzą posiadania, poważne problemy urbanizacji, nieprzemysłane decyzje dotyczące instytucji ludzkich tworzą często specyficzne struktury grzechu, przeszkadzające w pełnej ludzkiej realizacji tym, którzy są przez te struktury uciskani w rozmaity sposób.

Encyklika zwraca uwagę, że podstawą „ekologii ludzkiej” jest rodzina. Rodzina jest sanktuarium życia, ośrodkiem kultury życia i – wbrew tak zwanej kulturze śmierci – musi być chroniona. W encyklice „Centesimus annus” podkreśla się, że rodzina jest sanktuarium życia. Postulat ochrony rodziny jest uzasadniony i słuszny, bowiem Jan Paweł II wielokrotnie w swoich wystąpieniach podkreśla, że ochrona środowiska jest ochroną życia.

W warunkach obecnego kapitalizmu ochrona przyrody, środowiska człowieka i rodziny jest szczególnie ważna i spoczywa na państwie. Państwo ma chronić dobra zbiorowe: środowisko przyrodnicze i ludzkie, które stanowią *ramy wyznaczające jedyną przestrzeń, w której człowiek może w uprawniony sposób realizować własne cele.*

Encyklika „Ewangelium vitae” (1995)

Encyklika „Ewangelium vitae” (1995) jest głosem Kościoła w obronie życia, przeciw cywilizacji śmierci. W rozdziale zatytułowanym „Aktualne zagrożenie życia ludzkiego”, w punkcie 10 „Osłabienie wartości życia” Papież pisze: *Jakże nie wspomnieć tu o przemocy wymierzonej przeciwko życiu milionów istot ludzkich, zwłaszcza dzieci, zmuszonych znosić nędzę, niedożywienie i głód z powodu niesprawiedliwego podziału zasobów Ziemi między poszczególne narody i klasy społeczne? O przemocy nieodłącznie związanej nie tylko z wojną, ale także gorszącym handlem bronią, który przyczynia się do zaostrzenia licznych konfliktów zbrojnych nękających świat? O zasiewie śmierci, jaki dokonuje się przez bezmyślne naruszenie równowagi ekologicznej, przez zbrodniczy handel narkotykami i przez propagowanie wzorców zachowań w dziedzinie życia płciowego, które nie tylko są moralnie nie do przyjęcia, ale rodzą także poważne niebezpieczeństwo dla życia?*

W tym samym rozdziale, w punkcie 27, autor wyraźnie podkreśla znaczenie zainteresowania jakością życia oraz ekologią: *Należy z zadowoleniem powitać także wzrost zainteresowania jakością życia oraz ekologią, jaki nastąpił zwłaszcza w społeczeństwach o wysokim stopniu rozwoju, w których ludzie dążą już nie tylko do zapewnienia sobie podstawowych środków do życia, ale do globalnego polepszenia warunków życia. (...) Ten obraz pełen światła i cieni powinien nam w pełni uświadomić, że stoimy wobec nadludzkiego, dramatycznego zmagania między złem i dobrem, między śmiercią i życiem, między „kulturą śmierci” i „kulturą życia”. Jesteśmy nie tylko świadkami, ale nieuchronnie zostajemy wciągnięci w tę walkę: wszyscy w niej uczestniczymy i stąd nie możemy uchylić się od obowiązku bezwarunkowego opowiedzenia się po stronie życia. Także do nas skierowane jest wyraźne i stanowcze wezwanie (...): „Patrz! Kładę dziś przed tobą życie i szczęście, śmierć i nieszczęście. (...) Kładę przed wami życie i śmierć, błogosławieństwo i przekleństwo. Wybierajcie więc życie, abyście żyli wy i wasze potomstwo” (Pwt 30, 15. 19).*

Rozdział drugi, który zawiera chrześcijańskie orędzie o życiu, wskazuje w rozdziale „Doświadczając ułomności ludzkiej egzystencji (...)” w punkcie 32: *Ten (...), kto sądzi – jak bogaty rolnik z ewangelicznej przypowieści – że potrafi zapewnić sobie życie wyłącznie przez gromadzenie dóbr materialnych, w rzeczywistości oszukuje samego siebie: życie wymyka się mu i rychło zostanie mu odebrane, on zaś nigdy nie pojmie jego prawdziwego sensu: „Głupcze, jeszcze tej nocy zażądają twojej duszy od ciebie; komu więc przypadnie to, coś przygotował?”. I dalej, w punkcie 42 zatytułowanym „Odpowiedzialność człowieka za życie”, porusza problem ekologii. Tekst ten oddaje doskonale ideę chrześcijańskiego widzenia kwestii ekologicznej: *Bronić życia i umacniać je, czcić je i kochać – oto zadanie, które Bóg powierza każdemu człowiekowi, powołując go – jako swój żywy obraz – do udziału w Jego panowaniu nad światem: „Po czym Bóg im błogosławił, mówiąc do nich: »Bądźcie płodni i rozmnażajcie się, abyście zaludnili ziemię i uczynili ją sobie poddaną; abyście panowali nad rybami morskimi, nad ptactwem powietrznym i nad wszystkimi zwierzętami pędzącymi po ziemi«” (Rdz 1,28)... Człowiek został powołany, aby uprawiać ogród**

ziemi i strzec go (por. Rdz 2,15), jest zatem w szczególny sposób odpowiedzialny za środowisko życia, to znaczy za rzeczywistość stworzoną, która z woli Boga ma służyć jego osobowej godności i jego życiu: odpowiedzialny nie tylko wobec obecnej epoki, ale i przyszłych pokoleń. Na tym polega kwestia ekologiczna z wszystkimi jej aspektami – od ochrony naturalnych „habitatów” różnych gatunków zwierząt i form życia po „ekologię człowieka” w ścisłym sensie; drogę do jej rozwiązania, szanującego to wielkie dobro, jakim jest życie, każde życie, wskazują zasady etyczne, jasno i stanowczo sformułowane na stronach Biblii. W istocie „panowanie”, przekazane przez Stwórcę człowiekowi, nie oznacza władzy absolutnej, nie może też być mowy o wolności „używania” lub dowolnego dysponowania rzeczami. Ograniczenie nałożone od początku na człowieka przez samego Stwórcę i wyrażone w sposób symboliczny w zakazie „spożywania owocu z drzewa” (por. Rdz. 2,16–17) jasno ukazuje, że w odniesieniu do widzialnej natury jesteśmy poddani nie tylko prawom biologicznym, ale także moralnym, których nie można bezkarnie przekraczać.

Cały tekst encykliki jest apelem o zwycięstwo cywilizacji życia i miłości nad cywilizacją śmierci.

Encyklika „Fides et ratio” (1998)

W Encyklice „Fides et ratio” Ojciec Święty pisze: *W sferze badań przyrodniczych rozpowszechniła się stopniowo mentalność pozytywistyczna, która nie tylko zerwała wszelkie powiązania z chrześcijańską wizją świata. Ale – co ważniejsze – zrezygnowała też z wszelkich odniesień do wizji metafizycznej i moralnej. W wyniku tego zaistniało niebezpieczeństwo, że niektórzy ludzie nauki, rezygnując z jakichkolwiek odniesień etycznych, nie stawiają już w centrum swej uwagi osoby ludzkiej i całości jej życia. Co więcej, część z nich, wiadoma możliwości otwartych przez rozwój techniki, wydaje się ulegać nie tylko logice rynku, ale także pokusie zdobycia demiurgicznej władzy nad przyrodą, a nawet nad samym bytem ludzkim. (...) Pragnę zwrócić się także do naukowców, których poszukiwania są dla nas źródłem coraz większej wiedzy o wszechświecie jako całości, o niewiarygodnym bogactwie jego różnorodnych składników, ożywionych i nieożywionych, oraz o ich złożonych strukturach atomowych i molekularnych. Na tej drodze osiągnęli oni – zwłaszcza w obecnym stuleciu – wyniki, które nie przestają nas zdumiewać. Kieruję słowa podziwu i zachęty do tych śmiałych pionierów nauki, którym ludzkość w tak wielkiej mierze zawdzięcza swój obecny rozwój, ale mam zarazem obowiązek wezwać ich, aby kontynuowali swoje wysiłki nie tracąc nigdy z oczu horyzontu mądrościowego, w którym obok zdobyczy naukowych i technicznych dołączają się także wartości filozoficzne i etyczne, będące charakterystycznym i nieodzownym wyrazem tożsamości osoby ludzkiej. Przedstawiciele nauk przyrodniczych są w pełni świadomi tego, że poszukiwanie prawdy, nawet wówczas, gdy dotyczy ograniczonej rzeczywistości świata czy człowieka, nigdy się nie kończy, zawsze odsyła ku czemuś, co jest ponad bezpośrednim przedmiotem badań, ku pytaniom otwierającym dostęp do Tajemnicy. (...) Źródłem nie mniejszych zagrożeń jest pragmatyzm – sposób myślenia tych, którzy dokonując wyborów nie widzą potrzeby odwołania się do refleksji teoretycznej*

ani do ocen opartych na zasadach etycznych. Ten nurt myślowy ma doniosłe konsekwencje praktyczne. W szczególności doprowadził do ukształtowania się pewnej koncepcji demokracji, w której nie ma miejsca na jakiegokolwiek odniesienie do zasad o charakterze aksjologicznym, a więc niezmiennych: o dopuszczalności lub niedopuszczalności określonego postępowania decyduje tu głosowanie większości parlamentarnej. Konsekwencje takiego założenia są oczywiste: najważniejsze wybory moralne człowieka zostają w rzeczywistości uzależnione od decyzji podejmowanych doraźnie przez organy instytucjonalne.

Encyklika ta krytykuje obecny system demokracji parlamentarnej i wzywa do poszukiwania nowych orientacji, nowego systemu myślenia i wartościowania.

Podsumowując powyższe treści, przekazane naszemu i przyszłym pokoleniom przez Ojca Świętego Jana Pawła II, należy przypomnieć fragmenty jego „Przemówienia” skierowanego do rektorów wyższych uczelni na Uniwersytecie im. Mikołaja Kopernika w Toruniu podczas spotkania w czerwcu 1999 roku. Jan Paweł II powiedział: *Człowiek jest zdolny do wypracowania w sobie jednolitej i organicznej koncepcji poznania. Wycinkowość wiedzy i fragmentaryzacja sensu burzy wewnętrzną jedność człowieka. Człowiek dąży do pełni poznania, gdyż jest istotą, która z natury szuka prawdy (por. Fides et ratio) – i nie może bez niej żyć. (...) Do prawdy dochodzi się dzięki innym, w dialogu z innymi i dla innych. (...) Niebываły rozwój nauk i postęp techniczny rodzi fundamentalne pytania o granice eksperymentu, o sens i kierunki rozwoju technicznego, o granice ingerencji człowieka w przyrodę i środowisko naturalne. Postęp ten jest zarazem źródłem fascynacji, jak i lęku. Człowiek coraz częściej lęka się wytworów własnego rozumu i własnej wolności. Czuje się zagrożony. Dlatego też tak ważne jest dzisiaj przypomnienie sobie tej podstawowej prawdy, że świat jest darem Boga (...) a człowiek – stworzenie jest powołany do tego, ażeby był roztroptym i odpowiedzialnym gospodarzem w świecie natury, a nie jego bezmyślnym niszczycielem.*

Najbardziej podstawową koncepcją jest (...) układ obejmujący nie tylko zespół żywych organizmów, ale także cały kompleks czynników fizycznych tworzących to, co nazywamy środowiskiem (...) Nie można oddzielić [organizmów] od właściwego im środowiska, z którym stanowią nierozdzielalną całość. Są to podstawowe jednostki przyrodnicze na powierzchni Ziemi, zwane ekosystemami, których wielkość i rodzaj mogą być rozmaite.

Tansley, 1935

Rozdział 6

INTERAKCJA ŚRODOWISKA GEOLOGICZNEGO NA CZYNNIK DEGRADACJI

Analiza zagadnień odnoszących się do ochrony środowiska wymaga znajomości podstawowych haseł z dziedziny ekologii i ochrony środowiska. Znajomość ich pozwala na zrozumienie funkcji czynników środowiska oddziałujących na wszystkie żywe organizmy w naturalnych warunkach środowiska, co z kolei umożliwia wysnucie odpowiednich wniosków odnośnie zmian jakim podlega środowisko, gdy zostanie naruszone. Ponadto niezbędne są do postawienia hipotezy, w jaki sposób zmiana środowiska oddziałuje na zdrowie i życie organizmów żywych oraz na środowisko nieożywione. Prawidłowo postawiona hipoteza, przeprowadzona analiza i wysunięte wnioski pozwalają na podjęcie kroków zabezpieczających środowisko geologiczne przed niekorzystnymi dla niego zmianami. Kroki te są niezbędne, gdyż środowisko geologiczne jest jedynym siedliskiem człowieka we Wszechświecie – bez którego nie może on istnieć.

W języku potocznym ekologia rozumiana jest znacznie szerzej i łączona jest z ochroną środowiska. Z uwagi na rozmiar dyscypliny ekologicznej oraz rozmiar problemów związanych z ochroną środowiska od niedawna postuluje się, aby „nauki o środowisku” traktowane były jako dwie odrębne części, z których:

1. **Ekologia** stanowić ma podstawy naukowe do formułowania programów ochrony i gospodarki zasobami przyrody (inżynierii środowiskowej);
2. **Ochrona środowiska**, jako nauka, zajmować się ma jego kształtowaniem, rekonstrukcją i przywracaniem walorów, co najmniej zbliżonych do pierwotnych, jeśli nie doskonalszych.

Wiedza ekologiczna w połączeniu z praktyczną ochroną środowiska naturalnego bytowania wszystkich organizmów, w tym i ludzkiego, daje szansę przetrwania kolejnym pokoleniom.

6.1. Hasła dotyczące podstaw ekologii

Ekologia jest nauką zajmującą się badaniem wzajemnych oddziaływań i relacji między poszczególnymi organizmami, ich wpływów na środowisko życia i interakcji tegoż środowiska na organizmy oraz wpływów i interakcji pomiędzy samymi organizmami. Swym zasięgiem obejmuje całą biosferę – zarówno środowisko bio-

tyczne, jak i abiotyczne. **Przedmiotem ekologii** jest poznawanie różnych poziomów biologicznej organizacji i funkcjonowania ekosystemów, począwszy od poziomu molekularnego, a skończywszy na poziomie całej biosfery. **Rolą ekologii**, jako czystej nauki, jest opisanie obiegu materii i jej bilansu, a także przepływu energii w przyrodzie.

Ekologia bada wzajemne zależności między organizmami różnych poziomów pokarmowych, takich jak rośliny, zwierzęta i drobnoustroje, a także zależności pomiędzy różnymi środowiskami: woda, lądem, atmosferą. Wyróżnia cztery podstawowe poziomy organizacji:

- **Osobniczy:** będący reakcją pojedynczych osobników na czynniki środowiska (biotyczne i abiotyczne).
- **Populacyjny:** obejmujący czynniki warunkujące zmiany ich liczebności.
- **Biocenotyczny:** obejmujący czynniki wpływające na skład gatunkowy i struktury biocenozy.
- **Ekosystemalny:** oparty na badaniu procesów przepływu energii, organizacji sieci pokarmowych, krążeniu materii w ekosystemach.

Obszar, przestrzeń, strefa na Ziemi zamieszkała przez organizmy żywe określana jest jako **biosfera**. Obejmuje ona górną część litosfery, dolną część atmosfery i całą hydrosferę. Wszystkie organizmy żyjące w biosferze określa się mianem **organosfery**, a jej szczególną składową, jaką stanowi ludzkość – **antroposferą**. Podstawowym procesem umożliwiającym życie biosfery jest asymilacja CO₂ zawartego w atmosferze lub hydrosferze i przetwarzanie go przy współdziałaniu światła i chlorofilu (fotosynteza). Oprócz promieniowania słonecznego biosfera korzysta z energii kinetycznej i potencjalnej systemu grawitacyjnego Ziemi oraz z energii geotermicznej wypromieniowywanej z wnętrza Ziemi.

Biotop (środowisko abiotyczne; nieożywione) jest to środowisko życia organizmów roślinnych i zwierzęcych (biocenozy). Stanowi on fragment powierzchni Ziemi, charakteryzujący się swoistymi abiotycznymi warunkami środowiska, które odróżniają jeden biotop od drugiego. Środowisko abiotyczne składa się z substancji nieorganicznych, jak np. woda, tlen, dwutlenek węgla, minerały, oraz substancji organicznych, z których większość stanowi materia żywych organizmów (węglowodany, białka, tłuszcze i witaminy).

Biocenoza (środowisko biotyczne; ożywione) jest to zespół populacji różnych gatunków zwierząt i roślin danego środowiska naturalnego (biotopu), związanych z układem warunków siedliskowych, podlegających jego czynnikom, powiązanych wzajemnie między sobą pośrednio lub bezpośrednio zależnościami pokarmowymi i konkurencją biologiczną (zarówno wewnątrzgatunkową, jak i międzygatunkową), a także podlegających selektywnemu działaniu zewnętrznych środowiskowych warunków bytowania. Biocenoza stanowi samodzielną, niezależną i aktywną jednostkę ekologiczną, o dużym zróżnicowaniu przestrzennym, charakteryzującym się warstwowością i piętrowością. Jest ona zdolna do utrzymania stanu dynamicznej równowagi biologicznej poprzez nieprzerwany przepływ energii i materii. Zachwianie tej równowagi przez okresowe zmiany ilościowe lub jakościowe w układzie jej popula-

cji, prowadzi do uruchomienia procesów samoregulacyjnych, które są w stanie przywrócić tę równowagę, bez względu na to czy biocenoza występuje na powierzchni kilku decymetrów kwadratowych, czy kilku tysięcy hektarów.

Istotną rolę odgrywa **czynnik czasu**, który decyduje o liczebności gatunków w biocenozie – biocenozy na Ziemi istnieją przez różny czas. Biocenozy oceanów są najstarsze, mają nieprzerwaną ciągłość historyczną, a okres ich kształtowania wynosi kilkaset milionów lat. Biocenozy lądowe i słodkowodne mają krótszy czas życia (najstarsze jeziora i lasy trwają od początku trzeciorzędu; najmłodsze biocenozy datuje się na okres ustąpienia lodowca, tj. od około 10 000 lat).

W obrębie biocenozy wyróżnia się **cenozy**: żywą część każdego systemu ekologicznego (ekosystemu), np. zespoły roślin to fitocenoza, ptaków to ornitocenoza, owadów to entomocenoza. Istotne jest, że określona cenozą nie może istnieć bez pozostałych cenoz. Różnorodność biocenozy zależy od liczby zasiedlających ją gatunków oraz od zróżnicowania liczebności populacji poszczególnych gatunków.

„Granica” biocenoz jest strefa ekologicznie różnych obszarów o charakterystycznym, dającym się wyróżnić, składzie gatunkowym zbiorowisk. Granice te są rozmyte i zmieniają się stopniowo, a poszczególne gatunki przenikają. Strefa przejściowa wymiany gatunków, energii i materii między sąsiadującymi układami biocenotycznymi, zmienna w czasie i przestrzeni to **ekoton**. Jego populacje mogą być liczniejsze niż populacje w biocenozach, które ze sobą nie graniczą. Ekotony mogą się zmieniać w ramach sezonów lub przesuwać wraz z procesami sukcesji. W ich skład wchodzi wiele organizmów, typowych dla każdej z nakładających się biocenoz, a ponadto organizmy charakterystyczne dla danego ekotonu i często tylko tu występujące.

W brzegowych partiach, na styku ekosystemów lub biocenoz, występuje zjawisko (tendencja) wzrostu biologicznej różnorodności gatunków i zagęszczenia, które określa się mianem **efekt styku**.

Grupa osobników tego samego gatunku wspólnie zamieszkujących określony teren w określonym czasie to **populacja**. Składa się ona z pojedynczych organizmów krzyżujących się między sobą, lecz izolowanych rozrodczo od innych populacji tego samego gatunku. Populacja ma różne cechy charakterystyczne: rozrodczość, śmiertelność, wskaźnik urodzeń i śmiertelności, rozkład wiekowy i przestrzenny, zagęszczenie, krzywa wzrostu itp. Na podstawie tych wskaźników można ocenić, w jakiej fazie życiowej znajduje się określona populacja: w fazie wzrostu, stagnacji czy też jest zagrożona wymarciem. Populacja jest funkcjonalną jednostką zbiorczą – sama obecność innych osobników zmienia warunki życia populacji. Charakteryzują ją określone właściwości biologiczne oraz cechy grupowe, np. historia życia populacji, która wzrasta, różnicuje się i trwa w czasie, ma odrębną organizację i strukturę.

Pewne cykliczne wahania liczebności populacji o stałym okresie i amplitudzie, przy czym dynamika wzrostu i spadku mieści się w zakresie równowagi ekologicznej, określa się jako **oscylacje** populacji. Natomiast **fluktuacje** są to nieregularne i o różnym nasileniu wahania liczebności populacji powodujące zakłócenia równowagi ekologicznej. Mogą być wywołane np. przez epidemie, zmiany klimatyczne i inne czynniki i zjawiska.

Każda populacja zawiera **dominanty ekologiczne**: grupy osobników wywierających na biocenozę istotny wpływ dzięki swej liczebności, wielkości, agresywności lub procesom życiowym. Kierują (rządzą) przepływem energii i materii w obrębie trzech głównych poziomów troficznych: autotrofów, heterotrofów i destruentów.

Współżycie organizmów różnych gatunków, korzystne dla wszystkich lub wybranych stron nazywane jest **symbiozą**.

Biocenoza i biotop są ze sobą nierozdzielnie związane i nie można ich rozgraniczyć w przestrzeni. Tworzą one podstawową jednostkę w ekologii, jaką jest **ekosystem** (system ekologiczny, układ czasowo-przestrzenny). Ekosystem obejmuje zarówno zespoły organizmów żywych (biocenozy), jak i ich nieorganiczne środowisko (biotop).

Medwecka-Kornaś (1973) dokonuje podziału ekosystemów na:

- **Pierwotne**: ekosystemy nie naruszone przez człowieka;
- **Naturalne**: układy kształtujące się samoistnie, choć pod pewnym wpływem gospodarki człowieka;
- **Antropogeniczne**: stanowiące układy, które ukształtowały się dopiero pod wpływem działalności człowieka.

Podstawą funkcjonowania ekosystemu jest stały i nieprzerwany przepływ energii i obiegu materii pomiędzy jego biotopem i biocenozą (tym samym wzajemne wpływanie na siebie) jako wynik wzajemnego oddziaływania żywych organizmów i martwych substancji mineralnych. Szybkość wymiany i obiegu energii i materii w ekosystemach zależy od działalności podstawowych pięt pokarmowych zbudowanych przez organizmy ekosystemu: producentów, konsumentów, destruentów. Organizmy te spełniają ściśle określoną rolę:

- **Producenci** (autotrofy; organizmy samożywne): należą do nich rośliny zielone zawierające chlorofil oraz niektóre gatunki bakterii. Przekształcają w procesie foto- lub chemosyntezy energię promieniowania słonecznego lub energię chemiczną zawartą w prostych związkach mineralnych w potencjalną energię gromadzoną w formie złożonych związków organicznych (węglanów, białek, tłuszczów, lipidów itp. związków), wytwarzanych ze składników mineralnych dostarczanych przez zewnętrzne środowisko abiotyczne.
- **Konsumenci** (heterotrofy; organizmy cudzożywne): zużywają wyprodukowane przez autotrofy substancje, tym samym i nagromadzoną w nich energię. Organizmy odżywiające się: (1) roślinami, to **konsumenci I rzędu** (konsumenci pierwotni; fitofagi), (2) zwierzętami, to **konsumenci II rzędu** (konsumenci wtórni; zoofagi lub zwierzęta mięsożerne), (3) organizmy odżywiające się zwierzętami drapieżnymi i szczątkami organizmów, które same są rzadko zjadane przez inne zoofagi to **konsumenci III rzędu** (konsumenci szczytowi). Konsumenci tworzą trzy podstawowe łańcuchy troficzne:

→ **drapieżnicy**: zaczynający się od producentów i prowadzący przez roślinożerców do drobnych drapieżników, zjadanych przez większych drapieżców;

- **pasożyty**: zaczynające się od organizmów dużych i prowadzące do organizmów coraz mniejszych, z wyjątkiem roślin;
- **saprofagi**: przebiegające od martwej materii organicznej do mikroskopijnych organizmów.
- **Destruenci** (heterotrofy; reducenty; saprofity; organizmy cudzożywne): należą do nich głównie bakterie, grzyby, promieniowce, larwy insektów i robaki, mikroorganizmy glebowe itp., zapewniają mineralizację (rozkład) martwej materii organicznej do prostych związków mineralnych, które włączone do obiegu materii mogą zostać przyswojone przez producentów. Destruenci zamykają wewnętrzne krążenie materii w ekosystemie, stanowiąc ostatnie ogniwo w łańcuchu pokarmowym.

Każdy układ ekosystemu charakteryzuje **łańcuch pokarmowy** (troficzny). Tworzą go zależności pokarmowe w danej biocenozie pomiędzy kolejnymi **poziomami troficznymi**: autotrofami, heterotrofami i destrucentami – będącymi kolejnymi **ogniwami łańcucha troficznego**. Do jednego poziomu troficznego należy wiele gatunków organizmów reprezentujących go, np. roślinożercy lub mięsożercy. Każdy poziom troficzny zawiera **gatunki dominujące** (dominanty ekologiczne). Ogniwa łańcucha troficznego tworzą ciągi organizmów zjadanych i zjadających, począwszy od producentów – rozpoczynających łańcuchy troficzne, a kończąc na drapieżnikach szczytowych. Ogólna zasada łańcucha pokarmowego sprowadza się do tego, że jeden organizm stanowi pożywienie dla drugiego, ten drugi zaś we właściwym czasie skonsumowany jest przez organizm trzeci itd. Proces ten umożliwia obieg materii i przepływ energii w ekosystemie przez przedstawicieli kolejnych poziomów troficznych. W całym ekosystemie łańcuchów troficznych jest wiele – łącząc się, tworzą **sieć troficzną** (pokarmową) o bardzo skomplikowanym układzie.

Każdy czynnik biotyczny (element przyrody ożywionej) pełni w ekosystemie ściśle określoną rolę i zajmuje określoną niszę ekologiczną. **Nisza ekologiczna** jest to miejsce przebywania w ekosystemie organizmu – opisane przez warunki w nim panujące i zasoby możliwe do wykorzystania przez organizm. Poszczególne jednostki organizmów, poprzez procesy życiowe (rozmnażanie, wzrost, procesy metaboliczne itp.), kształtują biocenozę określoną przez niszę części ekosystemu.

Naturalne biocenozy podlegają uporządkowanym i ciągłym procesom kierunkowych oraz sekwencyjnych zmian określanymi jako **sukcesja**. Tym samym jest to proces ciągłego rozwoju struktury gatunkowej i procesów biocenotycznych. W procesie zmian sukcesyjnych kolejne biocenozy zastępują jedna drugą na określonym obszarze. Biocenozy występujące kolejno po sobie to **seria**. Ostatnia biocenoza w serii nazywa się **klimaksem**.

Istotną cechą sukcesji jest to, że zachodzi ona w dużym stopniu pod wpływem biocenozy (części ożywionej ekosystemu), a warunki biotyczne (środowisko przyrody nieożywionej – klimat, warunki geologiczne, rzeźba terenu) tworzą dla niej jedynie ogólne ramy, w jakich te zmiany mogą zachodzić.

Wyróżnia się dwa rodzaje sukcesji:

- **Sukcesja pierwotna:** zachodzi na obszarach, na których uprzednio nie istniała żadna biocenoza (litosfera nie posiadała szaty roślinnej). Jest ona wolniejsza, lecz długowieczna.
- **Sukcesja wtórna:** jest procesem odbudowywania biocenozy na obszarach, na których istniejąca uprzednio biocenoza uległa, z różnych przyczyn, zniszczeniu (np. w wyniku pożarów, erupcji wulkanicznych itp. przyczyn).

Przebieg sukcesji zależy od trzech podstawowych procesów (Mackenzie i in., 2000):

- **Udostępniania:** gatunki każdego poprzedniego stadium serii przekształcają środowisko tak, że umożliwiają wkraczanie nowych gatunków, charakterystycznych dla kolejnego stadium (gatunki poprzedniego stadium udostępniają środowisko dla gatunków stadium następnego).
- **Hamowania:** gatunki poprzedniego stadium uniemożliwiają zbyt wczesną inwazję gatunków stadium następnego – staje się ona możliwa dopiero po ich wyginięciu.
- **Tolerancji:** pojawienie się nowych gatunków w późnych etapach sukcesji jest możliwe, gdyż tolerują one niskie poziomy zasobów środowiska i mogą wyprzeć konkurencyjnie gatunki stadiów wcześniejszych. Gatunki oportunistyczne, będące dobrymi kolonizatorami, zostają więc w późniejszych etapach sukcesji wypierane przez gatunki o znacznej sile konkurencyjnej, tolerujące niski poziom zasobów środowiska – one właśnie będą dominować w biocenozach klimaksowych.

Klimaks jest ostatnią biocenozą w sukcesji, charakteryzującą się pozostawaniem we względnej równowadze z lokalnymi, naturalnymi warunkami ekosystemu. Biocenozy klimaksowe nie są stałe, lecz podlegają ciągłym przemianom – możliwym dzięki naturalnym mechanizmom samoregulacji i odporności biocenozy na oddziaływania zewnętrzne, co prowadzi do dynamicznej równowagi ekosystemu. W klimaksowych ekosystemach cała energia wiązana w procesie fotosyntezy zużywana jest w procesach metabolicznych auto- i heterotrofów. Możliwości produkcyjne środowiska są maksymalnie wykorzystywane, czyli nie występują nadwyżki energii. Jeśli wystąpią nadwyżki energii i materii są natychmiast wbudowywane w struktury ekosystemu, zwiększając w ten sposób zasoby naturalne środowiska. Ponieważ obecne naturalne krajobrazy środowiska są antropogenicznie zmienione przez człowieka (przekształcone), klimaks jest formą bardzo rzadką, występującą w najbardziej niedostępnych częściach litosfery lub pozostającą pod ścisłą ochroną (np. podkarpackie Bieszczady, tajga syberyjska, dżungla amazońska).

Zdolność przystosowywania się do nowych, ciągle zmieniających się warunków środowiska, pod warunkiem jego korzystnego wpływu na organizm to **adaptacja** organizmu. Adaptacja świadczy o przystosowaniu się do określonych warunków, jakie istnieją w określonym czasie i w określonym miejscu, co przejawia się każdą dziedziną cechą organizmu (morfologiczną, fizjologiczną, behawioralną) wpływającą korzystnie na jego przeżycie, rozwój i rozmnażanie. Jethon (1995), w zależności od

rodzaju rozpatrywanych zmian, wyróżnia szereg określeń procesów przystosowawczych określanych jako:

- **Adaptacja genetyczna:** obejmująca zmiany przystosowawcze, które mają odbicie w genotypie danej jednostki.
- **Adaptacja fizjologiczna:** dotycząca zmian przystosowawczych procesów wewnątrz-ustrojowych, które powstają w wyniku oddziaływania środowiska.
- **Adaptacja biochemiczna:** obejmująca zmiany na poziomie subkomórkowym i dotycząca przystosowania procesów biochemicznych do obciążeń organizmu.
- **Adaptacja morfologiczna:** dotycząca zmian w budowie ciała, które wynikają z relacji genotypu i środowiska – realizują się one w procesie adaptacji fizjologicznej i biochemicznej.
- **Adaptacja behawioralna:** będąca funkcją inteligencji oraz dotycząca zmian zachowania, zapewnia utrzymanie stanu równowagi ze środowiskiem.
- **Adaptacja metaboliczna:** dotycząca szybko zachodzących zmian przystosowawczych funkcji wewnątrzustrojowych do zapotrzebowań związanych z danym czynnikiem.
- **Adaptacja epigenetyczna:** dotycząca dłużej utrzymujących się zmian fenotypowych, które po pewnym czasie utrwalają się w genotypie.

W zależności od rodzaju i charakteru oddziaływania na organizm wyróżnia się **adaptacje:**

- **mutacyjną:** występującą w przebiegu ewolucji danego gatunku lub populacji i prowadzącą, np. do powstania ras;
- **modyfikacyjną:** aklimatyzację;
- **modulacyjną:** oznaczającą bezpośrednie przystosowanie do szybko zmieniających się warunków środowiskowych (dodatnio lub ujemnie działające reakcje na krótkotrwałe bodźce).

Życie w pewnym określonym przedziale zmienności warunków środowiska wskazuje na przystosowanie do nich. Zakres pomiędzy najmniejszą i największą wartością określonego czynnika środowiska, w którym dany organizm może przeżyć, nazywany jest **tolerancją** organizmu. Warunki środowiska, w których organizm czuje się najlepiej określa się jako **optymalne**. Każdy organizm ma ściśle określony zakres tolerancji i jej optimum, w zależności od różnych funkcji organizmu, wieku, płci, położenia geograficznego, klimatu i wpływu różnych czynników ekologicznych.

Zdolność organizmu do opierania się zmianom i dążenie do trwania w stanie równowagi dynamicznej nosi nazwę homeostazy. **Homeostaza** jest to dążność i zdolność do utrzymania względnie stałych warunków wewnętrznych organizmu wobec zmieniających się warunków zewnętrznych, a także możliwość odtwarzania struktury (stanu równowagi) przez określony układ czasowo-przestrzenny (organizm żywy, biocenozę, ekosystem). Procesy te określa się jako **samoregulację** lub **stabilizację** przebiegających w określonym układzie zmian. Homeostaza wymaga

ciągłego monitorowania oraz wymiany energii i materii między organizmem a jego środowiskiem. Z tego powodu mechanizmy homeostatyczne wykształcają się w procesie ewolucyjnym powoli i stopniowo, z upływem czasu przyjmując w miarę trwałe i silne formy samoregulacyjne, oparte na eliminacji sporadycznych nadmiarów lub niedomiarów środowiska. Oparte są na zasadzie **sprzężenia zwrotnego**: zmiana warunków jednego czynnika środowiska powoduje zmianę czynnika organizmu w celu dostosowania się, z jak najmniejszymi stratami własnymi, do zaistniałych nowych warunków – jest to **odpowiedź dostosowawcza układu**. Środowisko naturalne podlega ciągłym naturalnym lub sztucznym zmianom, tak w czasie, jak i w przestrzeni. Niektóre czynniki środowiska zmieniają się w ciągu kilku sekund, inne w ciągu kilkudziesięciu lat lub stuleci. Organizmy zasiedlające środowisko wykształcają na drodze ewolucji mechanizmy wewnętrzne, które utrzymują je we względnie stałej równowadze dynamicznej ze środowiskiem. Pozwala to na ich przetrwanie w ciągle zmieniających się warunkach środowiskowych.

Dostosowywanie się organizmów do określonych warunków środowiska naturalnego wykształca **genetyczne mutacje**, które są czynnikiem kreującym poszczególne cechy gatunków, natomiast warunki zewnętrzne (środowiskowe) są czynnikiem powielającym określone cechy w obrębie populacji. Organizmy, które nie zdołały wykształcić określonych cech genetycznych podlegają selekcji naturalnej. **Selekcja naturalna** polega na wyginięciu chorych, słabych i mniej przystosowanych do określonych warunków ekosystemu organizmów, a pozostawieniu przy życiu zdrowych, mocnych oraz lepiej przystosowanych mutantów, zdolnych do rozmnażania się, z reguły stanowiących odmianę dominującą w populacji.

Czynniki ekologiczne działają w ekosystemach na wszystkie organizmy. Mianem tym określa się elementy środowiska: energię promieniowania słonecznego, energię termiczną (stanowiące czynnik energetyczny), powietrze atmosferyczne (będące źródłem tlenu i dwutlenku węgla) i jego ciśnienie, gazy atmosferyczne, wiatry, wodę i wilgotność, glebę (jako czynnik edaficzny), składniki pokarmowe, ogień.

Biocenozy funkcjonują dzięki nieprzerwanemu, stałemu przepływowi energii. Energia ta pochodzi spoza układu ekosystemów, a stanowi ją energia promieniowania słonecznego, która zużywana jest przez autotrofy w procesach fotosyntezy do wytwarzania biomasy.

Biomasa jest to wyprodukowana przez autotrofy materia organiczna: ogólne zasoby substancji organicznej (roślinnej i zwierzęcej), znajdujące się w ekosystemie na określonej jego powierzchni. W skład biomasy wchodzi ciała organizmów żywych i martwych. W zależności od potrzeb wyróżnia się biomasę żywą lub biomasę martwą. Ilość biomasy wyraża się zazwyczaj w jednostkach energii (J/m^2) lub w formie suchej masy na jednostkę powierzchni (np. t/ha) – dla środowisk lądowych; lub suchej masy na jednostkę objętości – dla środowisk wodnych.

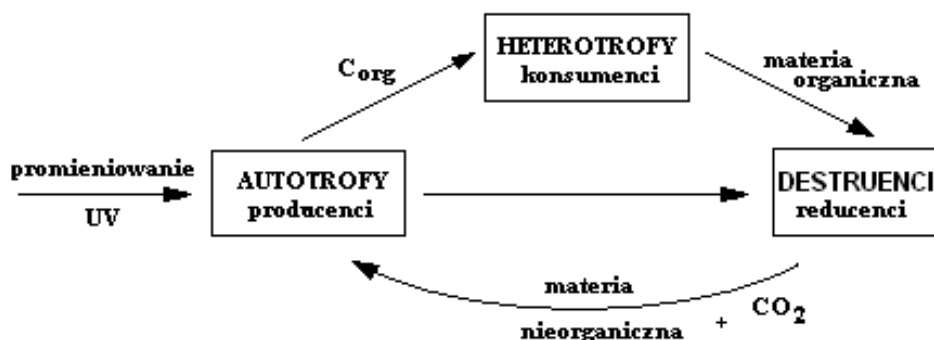
Produkcja (produktywność) to ogół procesów ekologicznych ekosystemów prowadzących do przyrostu substancji organicznej (biomasy) w postaci komórek i tkanek wytworzonych w ciągu określonego czasu przez autotrofy. Wyróżnia się następujące typy produkcji:

- 1) **Produktywność pierwotna**: jest to szybkość z jaką producenci w wyniku swej aktywności foto- lub chemosyntetycznej gromadzą i przekształcają energię promieniowania słonecznego w biomasę, w określonej jednostce przestrzennej. Wyraża się ją w jednostkach energii ($J/m^2/dzień$ lub rok), lub w formie suchej masy organicznej (np. $kg/ha/rok$). Produktywność pierwotna dzieli się na:
- **Produktywność pierwotną brutto** (P_p brutto), czyli całkowitą ilość energii, jaka jest wiązana przez producentów, łącznie z tą jej częścią, która jest zużywana w ich procesach metabolicznych i rozpraszana (tracona) w postaci ciepła. Część ta określana jest nazwą „respiracja” (R) i jest niedostępna dla innych organizmów – ciepło (energia) wyemitowane do atmosfery nie powraca już do obiegu.
 - **Produktywność pierwotną netto** (P_p netto), która jest różnicą pomiędzy produktywnością pierwotną brutto a respiracją i stanowi tę część produkcji brutto, która jest gromadzona w biomasie konsumowanej przez heterotrofy. Inaczej mówiąc – jest to szybkość magazynowania energii w biomasie bez uwzględnienia tej części, która jest tracona w procesie respiracji (w procesach metabolicznych producentów).
- 2) **Produktywność wtórna** (P_w): to szybkość produkcji biomasy przez heterotrofy (szybkość wiązania energii przez konsumentów).

Wielkość produkcji pierwotnej na większości obszarów Ziemi (ponad 30% powierzchni lądów i 90% powierzchni mórz i oceanów) nie przekracza $400 g/m^2/rok$. Według Kabata-Pendias (1999): *rocznie produktywność pierwotna biosfery wynosi 83 mld ton materii organicznej, z czego na kontynenty o powierzchni 148 mln km^2 przypada około 53 mld ton, a na oceany i morza o powierzchni 362 mln km^2 – tylko 30 mld ton*.

Naukowcy szacują, że wielkość produkcji pierwotnej netto w skali globalnej wyrażona w suchej masie wynosi około $12 \cdot 10^{10}$ ton/rok w środowiskach lądowych i $5 \cdot 10^{10}$ ton/rok w morzach i oceanach. Ludzkość zużywa jedynie około 1% produkcji pierwotnej netto, czyli ogólna wydajność energetyczna jest bardzo niska. Kolejne ogniwa troficzne wykorzystują tylko około 10% energii zawartej w pokarmie. Znaczący to, że jeśli rośliny zielone wykorzystują 1% energii promieniowania słonecznego, to konsumenci pierwszego rzędu wykorzystują 0,1% energii; konsumenci drugiego rzędu – 0,01%; a konsumenci trzeciego rzędu – 0,001% całkowitej energii promieniowania słonecznego pochłoniętej przez rośliny zielone. Z tego powodu straty energii są tym mniejsze, im krótszy jest łańcuch pokarmowy.

Najbardziej produktywne ekosystemy to bagna, eustaria, rafy koralowe i pola uprawne. Produktywność biocenoz może być wyrażona **wskaźnikiem produktywności**: jest to stosunek wielkości produkcji (P) do stanu biomasy (B). Przeciętne wartości obliczonego wskaźnika wynoszą: dla ekosystemów leśnych – 0,042; dla ekosystemów lądowych – 0,29; dla ekosystemów wodnych – 17,0. Znaczna różnica pomiędzy ekosystemami lądowymi a wodnymi wynika z dużej ilości martwej biomasy lądowej i praktycznie nie gromadzonej martwej biomasy w ekosystemach wod-



Schemat 3. Schemat obiegu materii i przepływu energii w ekosystemie (Mackenzie, Ball, Virdee 2000; zmieniony)

nych. Inny wniosek, jaki się nasuwa: **wartość biomasy i produktywność kształtują się zmiennie, w zależności od klimatu i położenia geograficznego.**

Z produkcją biomasy związany jest **przepływ energii i materii** przez ekosystemy (Schemat 3.). Energia spożytkowana w procesach życiowych organizmów jest rozpraszana w atmosferze w postaci ciepła. Przepływ energii następuje więc tylko pomiędzy martwą materią organiczną a organizmami łańcucha troficznego, dlatego proces ten nie jest uznawany za krążenie energii. Procesy życiowe Ziemi prowadzone są dzięki bezustannemu korzystaniu z energii promieniowania słonecznego.

W przypadku materii następuje jej ciągły obieg w ekosystemach. Substancja organiczna krąży w postaci węgla, dwutlenku węgla oraz ich związków magazynowanych w zasobach pokarmowych. Zasoby pokarmowe, będące podstawowym budulcem dla biomasy, są wielokrotnie zużywane i odzyskiwane w procesie krążenia materii. Ewentualna ucieczka materii z obiegu spowodowałaby wyczerpanie zasobów pokarmowych i szybki zanik życia na Ziemi.

Całkowity bilans energetyczny zależy od liczby ogniwi łańcucha troficznego danego ekosystemu. Energia gromadzona w związkach organicznych stanowi około 0,05% ogólnego bilansu energetycznego Ziemi.

6.2. Hasła dotyczące podstaw ochrony środowiska

Środowisko jest to całość naturalnych, zewnętrznych warunków działających na jednostki biologiczne (organizmy żywe): populacje, gatunki, zbiorowiska. Środowisko można podzielić na cztery odrębne przedziały (strefy): woda, powietrze, gleba, organizmy żywe (biosfera) i ich eksponowane powierzchnie ciała i tkanek.

Środowisko osobnika obejmuje wszystkie elementy środowiska zewnętrznego występujące we Wszechświecie. Inaczej mówiąc, oznacza fizyczne i biologiczne otoczenie organizmów żywych (w tym i człowieka) – naturalne i sztuczne. Środowisko to dzieli się na dwie podstawowe składowe, stanowiące **elementy środowiska**:

- **środowisko abiotyczne**: na które składają się takie czynniki, jak np. temperatura, klimat, wilgotność, prędkość wiatru, kwasowość gleby, rzeźba terenu;

- **środowisko biotyczne**: na które składają się oddziaływania ze wszystkimi innymi osobnikami, w tym oddziaływania o charakterze konkurencji, drapieżnictwa, pasożytnictwa czy kooperacji.

Elementy środowiska są jednakowo istotne dla każdego organizmu. Poszczególne jego składowe wspólnie oddziałują na organizm, który nie pozostaje bierny – na drodze ewolucji dostosowuje się do zmiennych w czasie i przestrzeni warunków. Związek organizmu ze środowiskiem polega na czerpaniu niezbędnych do życia składników i kształtowaniu środowiska dla własnych potrzeb.

Człowiek dzięki swoim zdolnościom innowacyjnym i kreatywnym przekształca środowisko tworząc „środowisko sztuczne” (antropogeniczne), które określa się mianem „środowiska kulturowego”, obejmującego różne rodzaje wytworów ludzkiej działalności, zarówno materialnej (architektura, przemysł), jak i niematerialnej (dzieła literackie, muzyka, sztuka), a także tradycję lokalną, regionalną i narodową.

Środowisko antropogeniczne (kulturowe) jest to środowisko zmienione innowacyjną i kreatywną działalnością człowieka oraz wpływem wszelkich przejawów jego działalności na funkcjonowanie ekosystemów. Richling i Salson (2002) definiują ponadto **oddziaływania antropogeniczne**, jako każdy świadomy lub nieświadomy, celowy lub przypadkowy bodziec pochodzący ze społeczeństwa ludzkiego wywołujący reakcję ze strony środowiska przyrodniczego. Na elementy antropogeniczne środowiska składają się obiekty budowlane mieszkaniowe i gospodarcze, aglomeracje miejskie, wsie i osiedla, sieć dróg, porty lotnicze, sztuczne zbiorniki wodne itp.

Przekształcanie środowiska i zagospodarowywanie coraz większych powierzchni Ziemi poprzez dostosowywanie do własnych potrzeb określa się mianem **antropopresji**, czyli „rozpychania” się człowieka w środowisku.

Środowisko geologiczno-inżynierskie to część środowiska geologicznego (zdefiniowanego w rozdziale „Wstęp”), która pod wpływem działalności człowieka podlega zmianom.

Geokomponenty środowiska są to elementarne części składowe systemu przyrody, stanowiące przedmiot zainteresowania poszczególnych nauk przyrodniczych. Należą do nich m.in.: powietrze, skały, woda, gleba, roślinność, zwierzęta, rzeźba powierzchni terenu, klimat.

Różnorodność biologiczna (E.O. Wilson, 1988; Mc Allister, 1991) określa bogactwo, czyli liczbę rodzajów systemów biologicznych lub łącznie: bogactwo i relatywny udział poszczególnych rodzajów w obrębie danej powierzchni lub w ramach jednostki typologicznej wyższego rzędu. Wyróżnia się trzy kolejne fazy zmniejszania się różnorodności biologicznej w skali globalnej (Hengeveld, 1994): (1) niszczenie zbiorowisk pierwotnych i tworzenie krajobrazów kulturowych; (2) zanik tradycyjnych form krajobrazu kulturowego; (3) spadek zmienności genetycznej zarówno w obrębie gatunków dzikich, jak i hodowlanych.

Gleba jest siedliskiem bioróżnorodności biologicznej od mikroorganizmów roślinnych i zwierzęcych po organizmy wyższego rzędu, łącznie z człowiekiem zajmującym najwyższą pozycję w łańcuchu troficznym. Według Wilsona (1992) definicja różnorodności biologicznej powinna brzmieć: *...jest to zróżnicowanie organizmów,*

rozpatrywane na wszystkich poziomach organizacji przyrody, od odmian genetycznych w obrębie gatunku, poprzez rodzaje, rodziny i jeszcze większe jednostki systematyczne, a także różnorodność ekosystemów – zarówno zespołów organizmów żyjących w określonych siedliskach, jak i samych warunków fizycznych, w których żyją.

Każde środowisko charakteryzuje ściśle określony krajobraz. **Krajobraz** stanowi wycinek geosfery obejmujący całość przyrody wraz z elementami wprowadzonymi przez człowieka na pewnym ograniczonym odcinku Ziemi (Maciak, 1999). Krajobraz wyróżniany jest także jako układ warunków naturalnych, reprezentujących określone zewnętrzne cechy estetyczno-widokowe. Współczesna definicja krajobrazu (Zanneveld, 1999) odnosi się do przestrzennego i materialnego wymiaru rzeczywistości ziemskiej i oznacza kompleksowy system składający się z form rzeźby terenu, wód, roślinności i gleb, skał i atmosfery.

Za podstawowe cechy krajobrazu uważa się:

- Krajobraz zajmuje wycinek przestrzeni i można go przedstawić na mapie.
- Charakteryzuje się określoną fizjonomią, którą można przedstawić na rysunku lub fotografii.
- Jest systemem dynamicznym, o sposobie funkcjonowania zależnym od naboru jego części składowych, powiązań między nimi i rodzaju dominujących procesów.
- Podlega ewolucji, czyli ma swoją historię.

Maciak (1999) wyróżnia następujące rodzaje krajobrazów:

- **Krajobraz pierwotny:** zachowany tylko na niektórych obszarach, a w takich warunkach geograficznych spotykany bardzo rzadko, odznacza się zachowaniem nie naruszonej przez człowieka równowagi biologicznej i ma zdolności samoregulacji.
- **Krajobraz naturalny:** występujący na obszarach pozostających pod wpływem działalności człowieka, która nie spowodowała istotnych zmian naruszających zdolność samoregulacji.
- **Krajobraz kulturowy:** najczęściej spotykany; jest właściwy dla obszarów będących pod wpływem intensywnej gospodarki człowieka, na których występują zmiany w układzie warunków naturalnych oraz elementy przestrzenne stworzone przez człowieka. W krajobrazie kulturowym naruszenie naturalnej zdolności do samoregulacji, cechującej fizjocenozę (wspólnota życia i warunków fizyczno-geograficznych), pociąga za sobą konieczność stosowania odpowiednich zabiegów ochronno-pielęgnacyjnych, niezbędnych do utrzymania równowagi.
- **Krajobraz zdewastowany:** występujący na obszarach o silnym rozwoju przemysłu i urbanizacji, będących terenem eksploatującej przyrodę działalności człowieka, która doprowadziła do zniszczenia naturalnego układu warunków. Najczęściej uwidacznia się to w daleko posuniętym zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym zniekształceniu, jednego lub więcej składników naturalnych krajobrazu, w którym dominującą rolę spełniają elementy wprowadzone przez człowieka.

Zasoby środowiska (przyrody, krajobrazu) są to wszystkie elementy środowiska, które są wykorzystywane przez organizmy żywe, w tym i człowieka: zasoby przyrody ożywionej i nieożywionej. Zasoby dzieli się na:

- **Zasoby niewyczerpalne**, których eksploatacja nie zagraża ich wyczerpaniu, np. prądy morskie, wiatry, promieniowanie słoneczne.
- **Zasoby wyczerpywalne**, których eksploatacja może przyczynić się do ich wyczerpania i zniszczenia. Ich wyczerpywalność zależy od intensywności pozyskiwania zasobów przez człowieka. Korzystanie z nich w sposób umiarkowany przedłuża okres dostępności tych zasobów. Zasoby wyczerpywalne dzieli się na:
 - **Zasoby odnawialne**: np. rośliny, zwierzęta, woda, gleba, powietrze atmosferyczne, których odnawialność uwarunkowana jest jednak racjonalnym ich wykorzystaniem przez człowieka.
 - **Zasoby nieodnawialne**: np. złoża surowców mineralnych i energetycznych, organizmy żywe, całe biocenozy, których nieodnawialność wynika przede wszystkim z ogromnie długiego okresu ich odnawiania i powstawania.

Ochrona środowiska polega na eliminacji, bądź ograniczeniu przejawów i powstaw szkodliwych przekształceń, aż do zespołu działań związanych z zapobieganiem ich powstawaniu, ograniczaniem wrażliwości dla środowiska oraz jego rewaloryzacją. Podstawowym dokumentem regulującym sprawę ochrony środowiska w Polsce jest ustawa *Prawo ochrony środowiska* (Dz.U. Nr 62, poz. 627 z 2001 r.), według której ochrona środowiska: (...) *to podjęcie lub zaniechanie działań, umożliwiające zachowanie lub przywracanie równowagi przyrodniczej; ochrona ta polega w szczególności na: racjonalnym kształtowaniu środowiska i gospodarowaniu zasobami środowiska zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju; przeciwdziałaniu zanieczyszczeniom; przywracaniu elementów przyrodniczych do stanu właściwego.*

Podstawowym celem ochrony środowiska jest zapewnienie współczesnemu i przyszłym pokoleniom korzystnych warunków życia oraz zapewnienie realizacji prawa do korzystania z zasobów środowiska z zachowaniem jego wartości.

Ekorozwój to rozwój zrównoważony, trwały i samopodtrzymujący się:

Rozwój zrównoważony polega na takim prowadzeniu polityki i działań w poszczególnych sektorach gospodarki i życia społecznego, aby zachować zasoby i walory środowiska w stanie zapewniającym trwałe, nie doznające uszczerbku możliwości korzystania z nich zarówno przez obecne, jak i przyszłe pokolenia, przy jednoczesnym zachowaniu trwałości funkcjonowania procesów przyrodniczych oraz naturalnej różnorodności biologicznej na poziomie krajobrazowym, ekosystemowym, gatunkowym i genowym. Jego istotą jest równe traktowanie racji społecznych, ekonomicznych i ekologicznych, co oznacza konieczność integrowania zagadnień ochrony środowiska z polityką w poszczególnych dziedzinach gospodarki (II Polityka Ekologiczna Państwa, Warszawa 2000 r.).

Rozwój trwały rozumiany jest jako działania, które nie mogą ograniczać możliwości rozwoju w przeszłości.

Rozwój samopodtrzymujący się polega na takim wykorzystaniu, przede wszystkim zasobów odnawialnych, które tworzy rezerwy i bodźce dla przyszłego rozwoju.

Najważniejsze cele ekorozwoju to: zapewnienie trwałego wykorzystania odnawialnych zasobów naturalnych, utrzymanie stabilności procesów ekologicznych i ekosystemów, ochrona różnorodności genetycznej (oraz ogólna ochrona przyrody), minimalizacja wykorzystania nieodnawialnych źródeł energii.

Realizacja przedsięwzięć na rzecz osiągnięcia celów rozwoju zrównoważonego oparta jest na strukturze hierarchicznej:

- w pierwszej kolejności należy podejmować działania na rzecz zapobiegania powstawaniu wszelkich zanieczyszczeń,
- jeśli eliminacja zanieczyszczeń nie jest możliwa, należy podejmować działania na rzecz zmniejszenia ich ilości powstającej w wyniku działalności człowieka,
- jeżeli pomimo podjętych uprzednio działań, nie uda się zapobiec degradacji poszczególnych komponentów środowiska, to należy podjąć kroki na rzecz rekultywacji zdegradowanych obszarów lub komponentów środowiska, by przywrócić im pierwotną wartość.

Wskaźniki stanu środowiska i zmiany presji na środowisko to:

- Zmniejszenie ładunku zanieczyszczeń odprowadzanych do wód lądowych i morskich, poprawa jakości wód płynących, stojących i wód podziemnych, a szczególnie głównych zbiorników wód podziemnych, poprawa jakości wody do picia oraz spełnienie przez wszystkie te rodzaje wód wymagań jakościowych obowiązujących w Unii Europejskiej.
- Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń powietrza – zwłaszcza zanieczyszczeń szczególnie szkodliwych dla zdrowia i zanieczyszczeń wywierających najbardziej niekorzystny wpływ na ekosystemy, ze szczególnym uwzględnieniem metali ciężkich, trwałych zanieczyszczeń organicznych, substancji zakwaszających, pyłów i lotnych związków organicznych – oraz poprawa jakości powietrza.
- Zmniejszenie uciążliwości hałasu, a przede wszystkim poziomu hałasu na granicy własności wokół obiektów przemysłowych, hałasu ulicznego w miastach oraz hałasu wzdłuż tras komunikacyjnych.
- Zmniejszenie ilości wytwarzanych i składowanych odpadów oraz rozszerzenie zakresu ich gospodarczego wykorzystania.
- Ograniczenie degradacji gleb, zmniejszenie powierzchni obszarów zdegradowanych na terenach poprzemysłowych i terenach po byłych bazach wojsk radzieckich, w tym likwidacja starych składowisk odpadów, zwiększenie skali przywracania obszarów bezpośrednio lub pośrednio zdegradowanych przez działalność gospodarczą do stanu równowagi ekologicznej, ograniczenie pogarszania się jakości środowiska w jednostkach osadniczych i powstrzymanie procesów degradacji zabytków kultury.
- Wzrost lesistości kraju, rozszerzenie renaturalizacji obszarów leśnych oraz wzrost zapasu i przyrostu masy drzewnej, także wzrost poziomu różnorodno-

ści biologicznej ekosystemów leśnych i poprawa stanu zdrowotności lasów będących pod wpływem zanieczyszczeń powietrza, wody lub gleby.

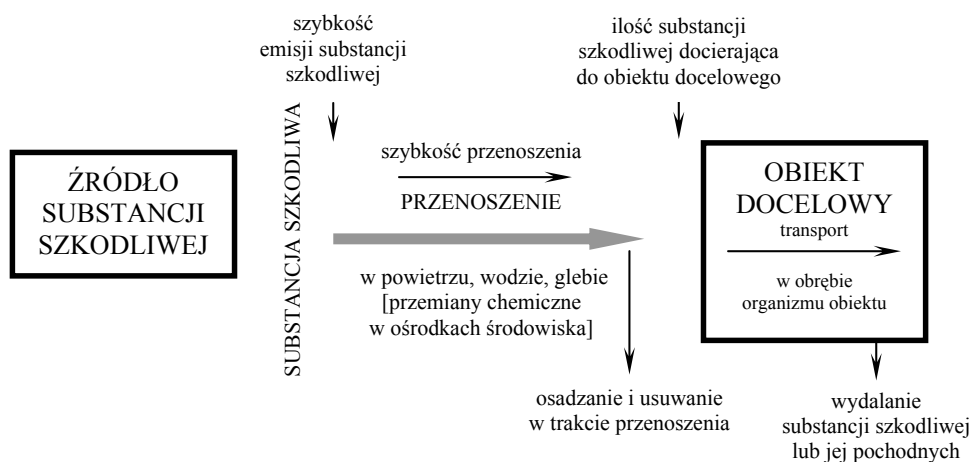
- Zahamowanie zaniku gatunków roślin i zwierząt oraz zaniku ich naturalnych siedlisk, a także pomyślne reintrodukcje gatunków.
- Zmniejszenie negatywnej ingerencji w krajobrazie oraz kształtowanie estetycznego krajobrazu zharmonizowanego z otaczającą przyrodą.

6.3. Skażenie czy zanieczyszczenie środowiska?

Z ochroną środowiska związane są procesy (metody) eliminacji jego zanieczyszczeń. Termin „zanieczyszczenie” często odnoszony jest do „skażenia” – i odwrotnie. Najczęściej stosowana definicja skażenia brzmi (Holdgate, 1979): **Skażeniem** nazywamy wprowadzanie do środowiska przez człowieka substancji lub energii będących źródłem zagrożenia dla zdrowia ludzkiego, szkodliwych dla gatunków żywych i systemów ekologicznych, niszczących struktury nieożywione lub piękno przyrody oraz utrudniających uzasadnione wykorzystanie środowiska. Substancja skażająca może odpowiadać kryterium definicji substancji skażającej w przypadku jednego organizmu, ale nie musi w przypadku innego. Uproszczony model skażenia środowiska ilustruje Schemat 4.

Zanieczyszczenie najczęściej definiuje się jako: sytuację, w której substancja (składnik obcy dla środowiska) jest obecna w środowisku lub w jego elemencie, zniekształca jego cechy i właściwości, ale nie powoduje żadnych widocznych szkód, jednak jest dla niego uciążliwa (np. z uwagi na estetykę krajobrazu, odory itp.).

Wiele opracowań naukowych zaleca, aby termin substancja „skażająca” czy „zanieczyszczająca” stosować zamiennie, ponieważ rzadko kiedy można twierdzić, że określone „zanieczyszczenie” w żadnym przypadku nie może spowodować szkody w środowisku. Takie postrzeganie znaczenia terminów „skażenie” i „zanieczyszczenie”



Schemat 4. Uproszczony model skażenia środowiska według Holdgate (1979) (Alloway, Ayres, 1999)

nie”, wynika z aktualnego rozwoju metod badawczych, których ostateczny wynik może głosić, że substancje traktowane pierwotnie jako zanieczyszczenia w rzeczywistości mogą mieć charakter skażenia.

Terminy „skażenie” i „zanieczyszczenie” powinny być traktowane naprzemiennie z uwagi na znaczne podobieństwa, a tym samym trudności w środowiskowym ich zdefiniowaniu pod kątem szkodliwości. Wynika to z faktu, że często zauważa się przypadki, w których określona substancja chemiczna uważana za nieszkodliwą w pewnych warunkach środowiska geologicznego powoduje jego skażenie, jeśli znajduje się w nadmiernej ilości lub w niewłaściwym miejscu i czasie.

Ponieważ nie ma powszechnie przyjętego rozróżnienia pomiędzy tymi określeniami, można przyjąć za istotną inną definicję skażenia i zanieczyszczenia (Walker i inni, 2002), bardzo ogólną, która mówi, że: *skażenie (zanieczyszczenie)* odnosi się do tych związków chemicznych, których obecność przekracza poziom uznawany za normalny dla dowolnego składnika ekosystemu. Pewną trudność może sprawić wyjaśnienie: „jaki poziom uważany jest za »normalny«?”. W przypadku pierwiastków i ich związków, występujących w przyrodzie w sposób naturalny i obecnych w środowisku na długo przed pojawieniem się człowieka, trudno jest ustalić normalne (naturalne) zakresy ich występowania – z uwagi na czasowe i przestrzenne zróżnicowanie stężenia tła tych związków.

Aby zminimalizować rozbieżności w interpretacji słów skażenie – zanieczyszczenie, inne spotykane w literaturze określenie podaje, że: **substancją skażającą** jest substancja chemiczna obecna w środowisku w ilościach przekraczających normalny (naturalny) poziom tła pierwiastków wchodzących w jej skład i zdolnych wywołać uszkodzenia. Skażenia mogą uszkadzać organizmy zarówno ze skutkami letalnymi, jak i ze szkodą dla tempa produkcji. To, czy substancja zanieczyszczająca jest równocześnie skażająca, zależy więc od jej stężenia w środowisku oraz od tego, czy określony organizm jest, czy też nie jest uszkodzony (Walker i inni, 2002). Przez **uszkodzenie** rozumie się zazwyczaj takie zmiany biochemiczne lub fizjologiczne organizmu, które niekorzystnie wpływają na jego rozwój: narodziny, wzrost, dojrzewanie, długość życia czy funkcjonowanie poszczególnych elementów składowych organizmu.

W literaturze spotyka się także określenie: **środowiskowy czynnik chemiczny**. Określenie to stosowane jest bardzo często do opisu dowolnego związku chemicznego występującego w środowisku, bez rozstrzygnięcia czy powinien on być uważany za substancję skażającą czy za zanieczyszczającą.

Na podstawie wymienionych objaśnień, znaczenia pojęć „skażenie – zanieczyszczenie”, definicja Holdgate (1979) wydaje się być w pełni uzasadniona i najbardziej stosowna.

Za wywołanie skutków skażenia środowiska uważa się zazwyczaj substancje silnie **toksyczne** – obecne w środowisku w ilości przekraczającej poziom tła i zdolne wywołać skutki szkodliwe w strukturach biologicznych (żywych organizmach). Substancja zanieczyszczająca jest toksyczna, gdy jej stężenie przekracza wartość progową w danym przedziale środowiskowym (np. cała Ziemia lub poszczególne ekosystemy, organizmy, pojedyncze komórki).

Dla ochrony środowiska istotne znaczenie może mieć obecność **mieszanin** zanieczyszczeń, których działanie często jest niedoceniane. Wpływ mieszaniny związków chemicznych na środowisko określa się zazwyczaj jako działanie **addytywne**, jeśli nie ma dowodów, że działanie jest inne. Oznacza to, że oddziaływanie na środowisko (toksyczność) mieszaniny związków powinna być zbliżona do sumy toksyczności jej pojedynczych składników. Jednakże występują przypadki, gdy toksyczność ta jest znacznie większa niż addytywna – następuje „potencjacja toksyczności”.

Potencjacja toksyczności jest to sytuacja, w której toksyczność mieszaniny związków jest większa niż sumaryczna toksyczność poszczególnych jej składników. Podobne znaczenie ma termin **synergizm** – jest to zjawisko zwiększonej toksyczności mieszaniny związków, większej niż sumaryczna toksyczność jej poszczególnych składników, ale pod warunkiem, że jednostkowe składniki mieszaniny podane oddzielnie, w ustalonej dawce, nie wywołują skutków toksycznych.

Transport do organizmu substancji szkodliwej

Skażenia lub zanieczyszczenia mogą występować we wszystkich trzech stanach skupienia, a ich źródłem jest każdy przejaw ludzkiej działalności. Do organizmu żywego mogą wnikać przez skórę, drogami układu oddechowego i doustnie.

Czynnik chemiczny może dostać się do organizmu ze środowiska jedną lub kilkoma drogami. To, czy dominować będzie jedna z dróg, czy też więcej, będzie zależało od samej substancji chemicznej, gatunku i warunków środowiskowych. Wydajność pobierania, jak i stopień toksyczności substancji szkodliwej różnią się, zależnie od dróg wnikania i samego organizmu.

Środowiskowy czynnik chemiczny wchłonięty przez określony organizm żywy, ale równocześnie obcy dla niego określany jest nazwą „ksenobiotyk”.

Ksenobiotyk jest to substancja chemiczna, która nie jest elementem prawidłowej biochemii danego organizmu. Oznacza to, że ksenobiotyk nie odgrywa żadnej lub właściwej roli w prawidłowych przemianach biochemicznych – jest to związek obcy dla metabolizmu żywych organizmów. Jednakże związek obcy dla jednego gatunku może być normalnym składnikiem endogennym dla innego gatunku.

Ksenobiotyki mogą być pochodzenia zarówno naturalnego, jak i antropogenicznego. Istniały one od początku ewolucji Ziemi, a ochrona organizmów przed ich niekorzystnym wpływem polegała na uruchamianiu mechanizmów detoksykacyjnych. Dlatego w organizmie żywym ksenobiotyki nie muszą wywoływać od razu objawów zatrucia czy chorobowych. Mogą być one magazynowane przez organizm w swojej postaci naturalnej lub jako metabolity. Ogólnie stwierdza się, że sukcesywnie podawany związek chemiczny będzie magazynowany w organizmie, jeśli procesy jego eliminacji lub biotransformacji będą wolniejsze niż szybkość podawania. Niektóre związki chemiczne są magazynowane w specyficznych tkankach organizmu. Takie magazynowanie efektywnie usuwa trucizny z układu krążenia i w ten sposób formalnie zmniejsza ich toksyczne działanie.

Wielokrotne dawki toksyny wprowadzane do organizmu mogą się systematycznie odkładać w tkance bez widocznych objawów zatrucia. Odkładanie następuje do

momentu wysycenia receptorów tkankowych, wówczas po podaniu następnej, niewielkiej dawki pojawiają się gwałtowne objawy zatrucia. W niektórych przypadkach zmagazynowane już związki chemiczne mogą zostać wyparte przez inne związki – wykazujące większe powinowactwo do tych samych receptorów. Za szczególnie niebezpieczne uznaje się sytuację, w których zmagazynowany w organizmie związek uniknął przemian metabolicznych zmniejszających jego toksyczność, bowiem po uwolnieniu może spowodować ostre i długotrwałe zatrucie, a nawet śmierć. Inne niebezpieczeństwo pojawia się w czasie długiego okresu głodu, gdy zużywane są zapasy zmagazynowane w tkankach tłuszczowych. Zlokalizowane w nich trucizny zostają uwolnione i również powodują zatrucie, chorobę lub śmierć organizmu (Zakrzewski, 2002).

Związki, które wywołują zmiany rakowe w organizmie określane są nazwą „kancerogeny”. Kancerogeny dzieli się na dwie kategorie:

- **kancerogeny genetyczne**: mające możliwość zmieniania kodu genetycznego – w większości są mutagenami;
- **kancerogeny epigenetyczne**: obejmują wszystkie kancerogeny, które nie zostały sklasyfikowane jako genetyczne i można się spodziewać różnych mechanizmów ich działania. Obejmują one jony metali (Ni, Be, Cr, Pb, Co, Mg, Ti), kancerogeny w postaci ciała stałego (azbest i SiO₂), immunopresory (azopuryna i 6-merkaptopuryna) oraz promotory (TPA, PCB, TCDD, DDT, aldrin, chlorowane pestycydy i wiele innych).

Odpowiedź biologiczną (każdą) na zanieczyszczenia środowiskowe, na poziomie osobnika lub niższym, wykazującą odchylenie od stanu normalnego definiuje się jako **biomarker**. Przyjmuje się, że biomarkerami są pomiary biochemiczne (indukcja monoooksygenaz), fizjologiczne (zmniejszenie grubości skorupy jaja), histologiczne (wiązaną TCDD z receptorem), morfologiczne i behawioralne (zmiany zachowania). Odpowiedzi biologiczne na wyższych poziomach organizacji – populacji, zespołu i ekosystemu – uznawane są jako **biowskaźniki** (bioindykatory).

6.4. Ekotoksykologia środowiska

Istotną dziedziną nauki we współczesnej ochronie środowiska jest **toksykologia środowiska**, określana w naukach przyrodniczych jako **ekotoksykologia**. Obejmuje ona m.in. takie działy jak:

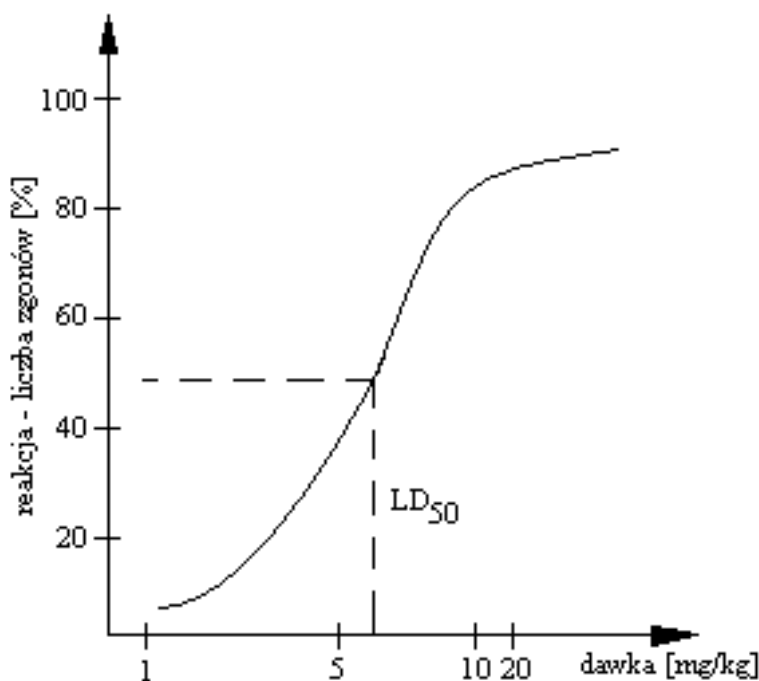
- **toksykokinetyka**: zajmująca się badaniem losów czynników toksycznych w żywym organizmie, a więc ich pobieraniem, metabolizmem, dystrybucją i wydalaniem;
- **toksykodynamika**: analizująca szkodliwe skutki oddziaływania czynników chemicznych na organizmy żywe.

Toksykologia środowiska, jako nauka multidyscyplinarna, obejmuje szeroki zakres różnych badań, które Zakrzewski (2002) ujmuje następująco:

- **Chemia**: charakterystyka trucizn (toksyn).
- **Farmakologia**: sposób wprowadzania i dystrybucji trucizn w organizmie.

- **Biochemia:** przemiany metaboliczne i oddziaływanie trucizn na składniki komórki.
- **Fizjologia:** wpływ trucizn na narządy organu.
- **Biologia:** wpływ trucizn na środowisko naturalne.
- **Genetyka:** wpływ, jaki trucizny mogą wywierać na systemy rozrodcze i zmiany w kodzie genetycznym przyszłych pokoleń.
- **Epidemiologia:** wpływ na populację ludzką, jako całość chronicznej ekspozycji na działanie małych ilości substancji potencjalnie toksycznych.
- **Prawo:** regulacje prawne dotyczące użycia lub emisji do środowiska substancji toksycznych.
- **Ekonomia:** ocena relacji kosztów, jakie ponosi środowisko i zysków rozwoju ekonomicznego oraz określenie wzajemnych relacji pomiędzy ekonomią, zdrowiem i środowiskiem.

Współczesna toksykologia jako nauka rozwinęła się w trzech kierunkach: (1) **toksykologia kliniczna:** zajmująca się wpływem trucizn i leków na organizmy ludzkie; (2) **toksykologia sądowa:** stosowana w sądownictwie do wykrywania trucizn użytych w celach przestępczych; (3) **toksykologia środowiska:** zajmująca się wpływem substancji toksycznych na zdrowie ludzi i środowisko naturalne – dotyczy



Schemat 5. Krzywa całkowitej zależności dawka – reakcja (reakcja jest określona całkowitą liczbą padłych osobników, wyrażoną w procentach) (Zakrzewski, 2000)

trucizn używanych celowo (np. pestycydy) lub też pochodzących z procesów przemysłowych (Zakrzewski, 2002).

Testowanie toksyczności

Cała gama związków chemicznych oraz ich mieszanin wykazuje różnorodny stopień działania od korzystnego, poprzez neutralny, do zatrucia organizmu i jego śmierć. Efekt ten zależy nie tylko od ilości substancji, na której działanie organizm był narażony, ale także od gatunku i wielkości organizmu, jego ogólnej kondycji i odżywiania, sposobu wnikania trucizny do organizmu i wielu innych czynników biologicznych i środowiskowych. Ogólnie przyjmuje się, że miarą toksyczności substancji wobec organizmu są zmiany biochemiczne, fizjologiczne, wpływ na rozmnażanie i na zachowanie osobnika.

Toksyczność każdego pojedynczego składnika mieszaniny zależy od jego stężenia. Aby można było określić toksyczność związku chemicznego należy stwierdzić występowanie obserwowalnego i dobrze zdefiniowanego efektu końcowego. W toksykologii jedynymi testami oceny substancji chemicznej jest zahamowanie wzrostu komórek lub śmierć organizmu. Skutek toksycznego działania czynnika chemicznego zależy od wielkości organizmu, na który działa. Z tego powodu istotne jest zdefiniowanie wielkości „dawki”, czyli stężenia czynnika chemicznego, przy którym wystąpi określona reakcja organizmu.

W testowaniu toksyczności wykorzystuje się krzywą całkowitej zależności „dawka – reakcja” (Schemat 5.).

W testowaniu toksyczności letalnej „LD₅₀” (dawka śmiertelna) reprezentuje dawkę letalną, która spowodowała śmierć 50% populacji osobników doświadczalnych. Natomiast „LC₅₀” odpowiada stężeniu letalnemu. Testami toksyczności wyznacza się także największe dawki stężenia, które nie wywołują jeszcze efektów toksycznych, czyli dawkę substancji chemicznej, przy której nie obserwuje się istotnych skutków (NOEC). Jeśli wykonuje się test, w którym ocenia się inne skutki niż śmierć, wyznacza się „ED₅₀” (dawka efektywna) lub „EC₅₀” (stężenie efektywne) – są to symbole oznaczające dawkę lub stężenie, która powoduje mierzalny efekt u 50% osobników z populacji (Walkers, 2002).

Bliss C.I. (1935) wykazał, że nawet przy minimalnej dawce zawsze pojawia się kilka organizmów martwych oraz że zawsze obserwuje się niewielki odsetek organizmów, które przeżyły dawkę maksymalną. Tak więc, **dawka progowa** definiowana jest jako dawka, poniżej której nie ma reakcji na podaną toksynę – nie może być ona oznaczona eksperymentalnie.

6.5. Podstawowe klasy zanieczyszczeń

Chemiczne zanieczyszczenia środowiska stanowią różnorodne substancje – od prostych jonów nieorganicznych po złożone związki organiczne. Zanieczyszczenia można charakteryzować według ich właściwości fizycznych, chemicznych, biochemicznych oraz biologicznych, a także według ich lokalizacji (miejsc występowania), czy źródła pochodzenia (z podziałem na klasy).

Podstawowe klasy zanieczyszczeń to:

1. **Jony nieorganiczne:** kationy i aniony metali, które są naturalnymi substancjami litosfery obecnymi od chwili jej powstania. Naturalny szkodliwy wpływ wywierają te, których pokłady rud ulegają procesom wietrzenia lokalnego. Antropogenicznymi zanieczyszczeniami stają się tam, gdzie działalność człowieka jest szczególnie aktywna, np. w górnictwie, hutnictwie, przemyśle przetwórczym. W wyniku tej działalności zostają przeniesione do warunków, w których powodują szkody środowiskowe.
2. **Zanieczyszczenia organiczne:** obejmują m.in. węglowodory niearomatyczne (alkany, alkeny i alkiny) i aromatyczne (WWA), polichlorowane bifenyle (PCB), polichlorowane dibenzo-p-dioksyny (PCDD), polichlorowane dibenzofurany (PCDF), polibromowane bifenyle (PBB), insektycydy z grupy węglowodorów chlorowanych, insektycydy fosforoorganiczne (OP), insektycydy karbaminianowe, insektycydy piretroidowe, herbicydy z grupy fenoksy (regulatory wzrostu roślin), rodentycydy z grupy antykoagulantów, detergenty, chlorofenole (PCP).
3. **Związki metaloorganiczne,** czyli celowe lub przypadkowe związanie metalu z organicznym podstawnikiem. Zmodyfikowany związek z reguły jest toksyczny i zmienia swoje chemiczne zachowanie w środowisku.
4. **Izotopy promieniotwórcze,** toksyczność których charakteryzowana jest przez trzy czynniki: (1) **rodzaj i natężenie** rozpadu promieniotwórczego, jeśli chodzi o masę i energię produkowanych cząstek; (2) **okres półtrwania** izotopu (Tabela 6.); (3) **biochemię radioaktywnego pierwiastka**, który może wchodzić w te same szlaki metaboliczne organizmu co pierwiastki trwale i niezbędne.
5. **Zanieczyszczenia gazowe:** obejmują m.in. O_3 , NO_x , CFC, CO_2 , SO_2 .

6.6. Zachowanie się zanieczyszczeń w ekosystemach

Działalność człowieka przyczynia się do globalnego obiegu metali w cyklu geochemicznym. Przepływ pierwiastków pomiędzy różnymi środowiskami (ekosystemami) zależy od ich aktywności i stężenia w roztworze oraz od obecności innych jonów lub substancji. *Wymiana pierwiastków nie musi odbywać się tylko przez fazę wodną, ale może zachodzić na granicy różnych faz i układów* (Kabata-Pendias, 1999). Najbardziej rozpowszechnione pierwiastki metali w wodach powierzchniowych i glebach występują w postaci stabilnych form jonowych, np. Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} .

Zanieczyszczenia w środowisku mogą być przenoszone przez wodę, powietrze i organizmy żywe.

Okresy półtrwania wybranych izotopów promieniotwórczych ilustruje Tabela 6. Ilość zanieczyszczeń emitowana globalnie w skali roku ilustruje Tabela 7.

Metale stanowiące zanieczyszczenia dla środowiska określane są mianem „metali ciężkich”. Jedną z definicji metalu ciężkiego jest teza, że: za metal ciężki uważa się pierwiastek o gęstości w stosunku do wody, większej od 5. W ostatnich latach wprowadza się klasyfikację, w której pod uwagę bierze się nie gęstość względną

Tabela 6. Okresy półtrwania wybranych izotopów promieniotwórczych

Izotop	Okres półtrwania
¹³⁷ Cez	30 lat
¹³¹ Jod	8 dni
¹²⁹ Jod	16 · 10 ⁶ lat
²⁴¹ Pluton	13 lat
²³⁹ Pluton	24 400 lat
²¹⁰ Polon	138 dni
²²⁶ Rad	1 622 lata
⁹⁰ Stront	29 lat
⁹⁹ Technet	2,1 · 10 ⁵ lat

Tabela 7. Szacunkowa ilość zanieczyszczeń gazowych emitowanych w skali roku – o znaczeniu globalnym (Walker i in., 2002, za Tolba (1992), Program Ochrony Środowiska Narodów Zjednoczonych (UNEP) (1993)).

Zanieczyszczenie	Źródło naturalne [w tonach]	Źródło antropogeniczne [w tonach]
Dwutlenek węgla CO ₂	100 000 000 000	6 000 000 000
Związki siarki SO _x	50 000 000	100 000 000
Związki azotu NO _x	20 000 000	68 000 000
Freony CFCS	0	1 100 000

pierwiastka, lecz jego właściwości fizyko-chemiczne i biologiczne. Metale nie podlegają bowiem biologicznej degradacji w środowisku – nie mogą być rozłożone na mniej szkodliwe składniki. *Ich detoksykacja (...) polega na „ukrywaniu” aktywnych jonów metali w obrębie białek, (...) lub na odkładaniu ich w formie nierozpuszczonej w granulach międzykomórkowych w celu długotrwałego składowania lub wydalenia wraz z odchodami* (Walker, 2002).

Wszystkie przypadki skażenia, jakie występują w środowisku mają pewne wspólne cechy charakterystyczne, które Holdgate (1979) ujmuje następująco: (1) substancja szkodliwa; (2) źródło tej substancji; (3) ośrodek przenoszący (gleba, woda, powietrze); (4) obiekt, na który działa (organizmy, ekosystemy, przedmioty).

Oprócz cech charakterystycznych substancji wyróżnia się również stopień ich szkodliwości. Rozróżnienie stopnia szkodliwości substancji (skażenia, zanieczyszczenia) proponuje Alloway (1999), który dokonuje ich podziału na dwa typy: (1) **Substancje pierwotne**: wywołujące skutki szkodliwe w postaci, w której zostały wprowadzone do środowiska; (2) **Substancje wtórne**: powstające w wyniku procesów chemicznych lub biochemicznych zachodzących w środowisku, często zsyntetyzowane ze znacznie mniej szkodliwych prekursorów (substratów).

Ponadto działanie każdej substancji szkodliwej (skażenie) może być: (1) **chwilowe**: gdy wywołuje skutki przejściowe i nie powoduje zmiany w genach organizmów; (2) **chroniczne**: gdy skutki są na tyle duże i trwałe, że zmiana środowiska życia organizmów powoduje szczególny przypadek – **odpowiedź ewolucyjną organizmu na zmiany środowiska**. W zanieczyszczonym środowisku dochodzi do ekspresji genów, których przedtem nie było lub pozostawały nieaktywne – powstają nowe sekwencje genetyczne określane jako **mutacje**.

Substancje szkodliwe mają pewne szczególne właściwości, które pozwalają przewidzieć skutki, jakie wywołają one po emisji bądź zrzucie do środowiska, a mianowicie: (1) **właściwości wywołujące skutki**: np. toksyczność wobec organizmów żywych czy korozja metali; (2) **właściwości rozprzestrzeniania się**: które określają zasięg i szybkość transportu substancji szkodliwej w środowisku. Podkreślenia godnym jest fakt, że przemieszczanie się i drogi transportu skażeń mogą być bardziej złożone niż się to początkowo wydaje.

Analizując zagrożenie ze strony substancji chemicznych można dokonać oceny pod kątem: (1) **źródła ich pochodzenia**: np. rolnicze, chemiczne, przemysłowe, górnicze; (2) **ośrodków, na które oddziałują**: np. gleba, woda, powietrze; (3) **właściwości fizyko-chemicznych** substancji szkodliwej.

Źródła substancji szkodliwej mogą być: **punktowe**, np. emisja z kominów, wyciek z zamkniętego układu, lub **obszarowe** (rozciągle).

Walker i jego współautorzy (2002) uważają, że o losach zanieczyszczeń w skażonych ekosystemach decydują cztery podstawowe czynniki:

1. **Lokalizacja** w środowisku przyrodniczym (gleba, woda, powietrze) lub biologicznym (organizm żywy: roślinny, zwierzęcy lub człowiek).
2. **Trwałość**, np. metale nie podlegają biodegradacji i nie rozkładają się w środowisku. Następuje jednak tworzenie i rozkład specyficznych związków, np. metylortęci, izotopów promieniotwórczych (ich rozkład uwarunkowany jest okresem półtrwania, niekiedy o czasie wielu tysięcy lub milionów lat).
3. **Wskaźniki (współczynniki) biokoncentracji i biokumulacji**.
 - **Wskaźnik biokoncentracji (B.C.F)**: jest to stosunek stężenia substancji chemicznej w organizmie żywym do stężenia tej samej substancji w otaczającym środowisku.
 - **Wskaźnik biokumulacji (BAF)**: jest to stosunek stężenia substancji chemicznej w organizmie żywym do stężenia tej samej substancji w pożywieniu.
4. **Dostępność biologiczna**: wpływa na wartość wskaźnika biokoncentracji. Wysoki wskaźnik biokoncentracji (biokumulacji) danej substancji w organizmie jest przyczyną lepszej jej dostępności dla organizmu niż substancji o niskim wskaźniku. Jedne substancje są więc szybciej wchłaniane przez określony organizm niż inne.

Mając powyższe na uwadze, ocenie powinny dodatkowo podlegać następujące właściwości substancji wprowadzanych do środowiska: (1) **toksyczność** krót-

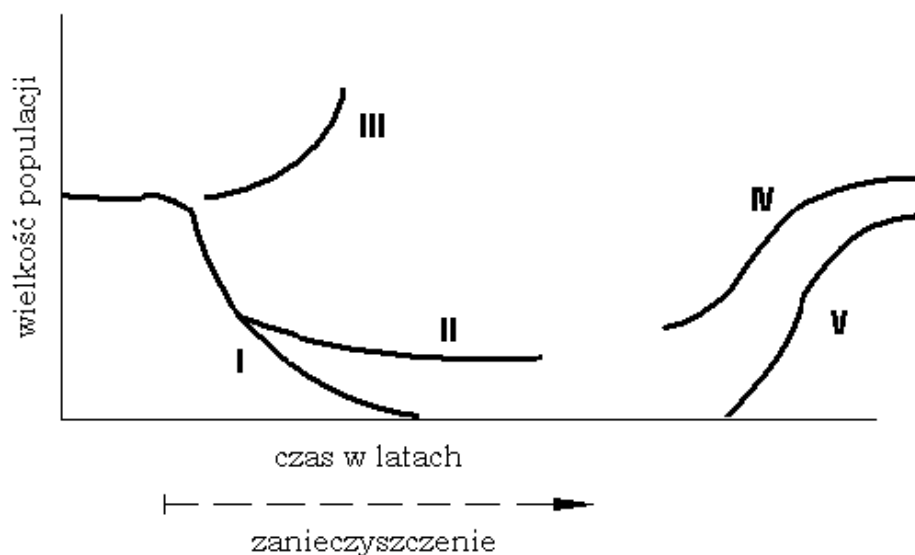
ko- i długookresowa; (2) **trwałość**; (3) **właściwości dyspersyjne**; (4) **reakcje chemiczne**, którym podlega związek, łącznie z reakcjami rozkładu; (5) **tendencja do bioakumulacji** w łańcuchach pokarmowych; (6) **łatwość kontroli**.

Jeśli objętość, szybkość emisji i toksyczność substancji chemicznej są uwzględniane przy wprowadzaniu jej do środowiska, to naturalne procesy w nim zachodzące zazwyczaj prowadzą do degradacji lub asymilacji tych substancji. W przypadku silnie toksycznych substancji skażających ekosystemy, znacznej ich objętości, prędkości emisji, procesy samoregulacji środowiska są zbyt „słabe” by pokonać skażenie siłami natury – dochodzi do **śmierci** środowiska.

6.7. Odpowiedź ewolucyjna organizmu na zanieczyszczenie

Ewolucyjne odpowiedzi na zanieczyszczenie klasyfikuje się jako **odporność**. Upraszczając definicję zanieczyszczenia, można powiedzieć, że zanieczyszczenie jest zmianą środowiskowych warunków na gorsze, zaś odporność generalnie chroni organizm przed niekorzystnymi konsekwencjami działania zanieczyszczeń. Ochrona odpornościowa organizmu wiąże się z koniecznością znalezienia kompromisu pomiędzy produkcją i przeżywaniem, bowiem wiąże się zawsze ze zużyciem energii i (lub) substancji odżywczych, które w naturalnych warunkach mogą być zużyte na reprodukcję i rozwój. Ewolucyjna odporność polega zazwyczaj na selekcji spośród istniejących genów, a nie na pojawianiu się genów nowych (Walker, 2002).

Gdy zanieczyszczenia dostaną się do środowiska, gatunki zasiedlające ekosystemy mogą zareagować w różny sposób, co ilustruje Schemat 6., z którego można odczytać możliwe reakcje organizmów na ksenobiotyki.



Schemat 6. Możliwe zmiany wielkości populacji w odpowiedzi na zanieczyszczenie środowiska (Walker, Hopkin, Sibly, Peakall, 2002)

Krzywa I diagramu wskazuje na możliwość lokalnego wyginięcia niektórych gatunków organizmów. Liczebność innych może zmaleć i ustabilizować się na nowym, niższym poziomie – krzywa II – na którym populacja będzie się utrzymywała, jeśli skażenie środowiska okaże się trwałe (skażenie chroniczne). Trzecią możliwością jest wzrost liczebności populacji w początkowym okresie – krzywa III. Jeżeli skażenie jest chroniczne, może dojść do ewolucji odporności w populacji, co może pozwolić na wzrost liczebności i osiągnięcie nowego poziomu równowagi. Jeżeli skażenie jest trwałe, wówczas liczebność populacji może po jakimś czasie wzrosnąć (krzywa IV i V), a w przypadku gatunków, które lokalnie wyginęły, może dojść do odbudowy populacji dzięki migracji i rekolonizacji. W tych dwóch ostatnich przypadkach liczebność populacji niekoniecznie musi wrócić do poziomu sprzed okresu zanieczyszczenia.

Chwilowe skażenie środowiska wywołuje skutki, które należą do przejściowych. Z reguły jest mało prawdopodobne, by powodowało zmianę frekwencji genów. W środowisku naturalnym lub jedynie chwilowo zmienionym poszczególne cechy genetyczne organizmów mogą ulegać zmianom niezależnie od warunków zewnętrznego otoczenia. Zmiany te będą prowadziły do prawidłowego wykształcenia budowy wewnętrznej organizmu, a ich dobór będzie działał zawsze w kierunku zwiększenia szybkości wzrostu i dojrzewania, płodności, zmniejszenia śmiertelności i wczesnego przystąpienia do zwiększenia populacji. Cechy historii życiowej organizmów pozostają niezmienną przez zewnętrzne czynniki środowiska, ulegają jedynie genetycznym zmianom niezależnie od siebie.

Chroniczne zanieczyszczenie środowiska ma inny charakter, niebezpieczny, którego skutki są trwałe, zmieniające środowisko życia organizmów. Zanieczyszczenia mogą uszkadzać organizmy albo ze skutkami letalnymi, albo ze szkodą dla tempa produkcji. Procesy te prowadzą do wzrostu śmiertelności lub zmniejszenia tempa wzrostu somatycznego. Organizm broniąc się przed negatywnym wpływem skażenia zmienia kształt zestawu opcji genetycznych. Może to nastąpić dzięki temu, że skażenia powodują ekspresję genów, które w innych warunkach nie ujawniłyby się. Wariacja genetyczna, która miała niewielkie znaczenie w nie zanieczyszczonym środowisku, teraz może rozróżnić osobniki przeżywające od ginących. Geny, które zostały wyselekcjonowane w zanieczyszczonym środowisku określa się mianem **genów odporności** lub, w pewnych sytuacjach, **tolerancji**. **Zmienność genetyczna** organizmu określana jest mianem zmian ewolucyjnych. Odpowiedź ewolucyjna pojawia się wówczas, gdy zmiana w środowisku zmienia względne dostosowanie różnych genów. Wykształcenie genów odpornościowych w zmienionym środowisku – zmiany ewolucyjne – zachodzą bardzo wolno, pojawiają się po upływie pewnego czasu, często dopiero po kilku pokoleniach. Ale należy pamiętać, że geny odporne, faworyzowane w środowisku skażonym nie spełniają swojej roli w środowisku nie zanieczyszczonym, co znaczy, że powrót środowiska zanieczyszczonego do środowiska nie zanieczyszczonego powoduje, iż dobór tych genów działa przeciwko nim (Walker i in., 2002; Sibly i Antonovics, 1992; Hartl i Clark, 1989).

6.8. Środowisko a zdrowie człowieka

Zanieczyszczeniu środowiska przypisuje się wszelkie choroby środowiskowe (cywilizacyjne), które dotknęły w pierwszej kolejności kraje rozwinięte. Choroby te wiążą się bezpośrednio z nadmiernym działaniem czynników technosfery oraz z zaburzeniami socjosfery, szeroko rozumianymi przez ekspertów Światowej Organizacji Zdrowia (WHO). Według definicji „ekologicznej” Kałużbowski (1983) **choroba** to niewyrównane zaburzenie stanu równowagi somatyczno-psychiczno-społecznej ustroju, powodujące jego niedostateczne przystosowanie do środowiska (biosfery, socjosfery, technosfery). Definicja ta jest zgodna ze stanowiskiem WHO, która za zdrowie człowieka uważa jego całkowity dobry stan fizyczny, psychiczny i społeczny, a nie tylko brak choroby lub ułomności. Tak rozumiane pojęcie zdrowia wskazuje, że zależy ono nie tylko od czynników środowiskowych, ale także od sytuacji demograficznej kraju, sposobu odżywiania, poziomu wykształcenia, sytuacji mieszkaniowej i rodzinnej, możliwości rynku pracy, wysokości zarobków, możliwości wypoczynku i zagospodarowania wolnego czasu, warunków komunikacji i łączności, systemu zabezpieczeń socjalnych, praw i swobód obywatelskich, a przede wszystkim od różnorodności ekosystemów i ich czystości.

Dotychczas nie zostały w pełni poznane wewnątrzgatunkowe cechy adaptacyjne człowieka do zróżnicowanych warunków środowiska. Adaptacja jest podstawą utrzymania homeostazy wewnętrznej ustroju i ochroną przed chorobą organizmu. Według Kałużbowski (2002) *czynniki chorobotwórcze środowiska o małym natężeniu, stale działające, mogą nie wywołać reakcji ani wyraźnych objawów klinicznych (adaptacja lub maskowanie), natomiast po przerwaniu kontaktu i ponownej ekspozycji na te czynniki mogą wystąpić niepożądane następstwa (...) Ustalenie związku przyczynowego między zaburzeniami wywołanymi przez środowisko i czynnikiem patologicznym bywa (...) trudne*. Przewlekłe oddziaływanie tych nieustalonych przyczyn często prowadzi do wyczerpania zdolności regulacyjnych ustroju i jego wyniszczenia. Człowiek bowiem kumuluje w ustroju pierwiastki, związki chemiczne lub ich pochodne, a także efekty działania szkodliwych czynników fizycznych. Prowadzi to nie tylko do niekorzystnego bezpośredniego wpływu tych czynników na ustrój człowieka, lecz także do zmian w jego genomie.

Biomonitorowanie środowiska człowieka jest konieczne, bowiem stwarza podstawy do działań profilaktycznych i prognozowania zmian w środowisku jego życia.

Wymienione czynniki zanieczyszczania i zniekształcania środowiska regulowane są przez kilka kierunków ochrony środowiska, zarówno przy pracach w górnictwie podziemnym, jak i wiertniczym, a także na powierzchni ziemi. Kierunki te można ująć w następującej formie: *ochrona powierzchni ziemi przy budowie, eksploatacji i likwidacji wiertni, kopalni podziemnej i odkrywkowej; ochrona wód powierzchniowych i podziemnych przy pracach wiertniczych, podziemnych i odkrywkowych; ochrona powietrza atmosferycznego w czasie wiercenia i eksploatacji złóż ropy naftowej i gazu ziemnego, wydobywania urobku i składowania odpadów; ochrona środowiska przed hałasem i wibracjami oraz przed odpadami*.

Spółeczny problem degradacji środowiska

W uproszczeniu można powiedzieć, że przyczyną skażenia lub zanieczyszczenia środowiska przez człowieka jest rewolucja naukowo techniczna i eksplozja demograficzna, czyli dążenie do maksymalnej technizacji życia i produkcja środków spożywczych.

Główne czynniki odpowiedzialne za skażenie, zanieczyszczenie i inne rodzaje niszczenia środowiska naturalnego w dowolnej społeczności czy społeczeństwie mogą być wyrażone jako iloczyn wpływu populacji, obfitości dóbr i technologii (Meadows i inni, 1992):

wpływ na środowisko = populacja · obfitość dóbr · technologia

Z równania wynika, że im liczniejsza jest populacja, tym większe powstają rozmiary zniszczenia środowiska. Zniszczenie spowodowane jest wynikiem zaspokajania potrzeb w zakresie produkcji żywności, powiększania przestrzeni życiowej, rozwijania komunikacji, usuwania odpadów itp. Zamożność społeczeństwa (dochód narodowy na głowę obywatela), określa ilość materiałów niezbędną do utrzymania poziomu życia. Im wyższy poziom zamożności, tym większa jest potrzeba eksploatacji zasobów naturalnych. To z kolei zwiększa skażenie środowiska, np. w wyniku wydobycia zasobów, transportu, hutnictwa metali, wykorzystania energii itp.

Po drugiej wojnie światowej populacja na świecie gwałtownie wzrosła, ulegając podwojeniu od roku 1950 (2 514,44 mln) do roku 1990 (5 292,20 mln). Według prognoz na rok 2025 liczba ludności świata osiągnie około 8 472,4 mln. Średni przyrost roczny w latach 1990 i 1995 wyniósł 1,68%, a w okresie między 2000 ÷ 2025 rokiem przewiduje się przyrost o 1,43% (World Resources Institute, 1994). Zakrzewski (2000) sugeruje, że przy tej szybkości wzrostu populacja światowa znowu się podwoi w ciągu następných 39 lat, co tłumaczy liczbę 10 miliardów ludzi w 2025 roku.

Chociaż niektóre kraje notują spadek liczby urodzeń, lub tylko niewielki przyrost ludności, to gęstość zaludnienia (około 300 osób/km²) stwarza poważne problemy środowiskowe. Dotyczą one sprzecznych celów w wykorzystywaniu zasobów środowiska: mieszkaniowe, produkcji żywności, rozwoju przemysłu, likwidacji odpadów itp.

Najszybszy wzrost następuje w osłabionych ekonomicznie krajach, rozwijających się gospodarczo. Szczególnie dotyczy to krajów Trzeciego Świata, w których przeciętny przyrost naturalny wynosi 2,5%, więc czas podwajania populacji dla takiego przyrostu naturalnego wynosi 28 lat (Zakrzewski, 2000). Wniosek, jaki się nasuwa sugeruje, że: liczebność populacji nie może rosnać bez końca, ponieważ ostatecznie wyczerpią się dostępne dla niej zasoby środowiska.

Z rozwojem społeczności lub społeczeństw związane jest zużycie energii. Im bardziej rozwinięte gospodarczo są kraje świata, tym więcej potrzebują energii na utrzymanie standardu rozwoju. Kraje słabiej rozwinięte są na drodze do osiągnięcia poziomu krajów rozwiniętych, w związku z czym jeszcze więcej potrzebują i zużywają energii w celach technologiczno-przemysłowych.

Im wyższy jest poziom technologiczny społeczeństw, tym większe jest zapotrzebowanie na energię – tym większe są rozmiary skażenia i zanieczyszczenia śro-

dowiska, a także jego zniszczenia spowodowane jej wytwarzaniem. Światowe zużycie energii w 1990 roku ocenia się na $8013 \cdot 10^6$ ton paliwa umownego w porównaniu z $5171 \cdot 10^6$ ton w 1970 roku, co oznacza wzrost o prawie 55% (Allen, 1992). Źródłem energii jest głównie górnictwo węgla, wydobycie ropy naftowej i jej rafinacja, wydobycie gazu ziemnego, wydobycie i przetwarzanie uranu i innych pierwiastków promieniotwórczych, a także wylesianie w celu uzyskania paliwa z drewna. Wykorzystanie energii prowadzi do skażeń wszystkich podstawowych przedziałów (ekosystemów) środowiskowych: wody, gleby, powietrza.

(...) uszkodzenie lub zniszczenie jakiegokolwiek dobra należącego do dziedzictwa kulturalnego lub naturalnego w nieodwracalny sposób zubaża dziedzictwo wszystkich narodów świata.

Z preambuły Konwencji UNESCO dotyczącej ochrony Światowego Dziedzictwa Kulturalnego i Naturalnego, 1978

PODSUMOWANIE

Bezsporny pozostaje fakt, że oprócz czynnika naturalnego środowisko flory, fauny i powierzchni litosfery podlega wielowiekowym antropogenicznym zmianom. Zmiany antropogeniczne zapoczątkował już pierwszy hominid, w momencie gdy rozpoczął walkę o przetrwanie swego gatunku. Początkowo zajmował się zbieractwem i łowiectwem, prowadząc wędrowny tryb życia. Z czasem, gdy posiadał sztukę udomowienia roślin i zwierząt życie nabrało stagnacji w formie osiadłej.

Homo sapiens sapiens był pierwszym gatunkiem człowiekowatych, który początkowo stanowił integralny składnik biosfery. Jednak zdolność człowieka do myślenia pobudziła jego kreatywność w dążeniu do podporządkowywania sobie przyrody i jej zasobów. Środowisko życia człowieka dostarczało mu środków koniecznych do przetrwania. Człowiek, jako organizm heterotroficzny (konsumenci) czerpał energię potrzebną mu do życia, poprzez selektywną konsumpcję roślin i zwierząt. Stopniowo przystosowywał je do swoich potrzeb poprzez udomowienie. Poprawiając swój ziemski byt sięgnął do surowców mineralnych zalegających pod powierzchnią skorupy ziemskiej, czerpiąc z nich korzyści ponad swoje potrzeby. Człowiek wpływał na środowisko dwojako, w sposób:

- **bezpośredni**: poprzez usuwanie ekosystemów w celu pozyskania ziemi pod zabudowę, uprawy, hodowlę i przemysł;
- **pośredni** (nieumyślny): poprzez wprowadzanie innowacji rolniczych i technologicznych, eksploatację bogactw naturalnych Ziemi oraz zanieczyszczenie środowiska.

Klimat i człowiek od około 2÷3 mln lat są głównymi czynnikami zmian środowiska. Bezpośrednio modyfikowały je zachodzące w tym czasie procesy środowiskowe, poprzez oddziaływanie na przepływ energii w ekosystemach, cykl hydrologiczny, transport osadów, cyrkulację powietrza, procesy glebowe i funkcje ekosystemów. Zmiany środowiska zachodzące pod wpływem klimatu związane były bezpośrednio z dopływem energii słonecznej, która oddziałuje na pozostałe czynniki zmian. Ekosystemy podzielone zostały na bezpośrednio zależne od dopływu energii słonecznej, a także na jednocześnie wzmacniane przez człowieka. Wydzielone zostały ponadto ekosystemy miejsko-przemysłowe, które energię czerpią z paliw kopalnych.

Człowiek w istotny sposób przyłączył się do wprowadzania zmian w ekosystemach dopiero około 15 000 lat temu, w miarę postępu powolnego, lecz ciągle-

go rozwoju własnego, nauk ścisłych i techniki. Choć człowiek od początku swe go istnienia obserwował środowisko, w którym żył, chociaż każde stulecie szczyt się wybitnymi postaciami *Homo sapiens sapiens*, które obserwowały i badały swe otoczenie, to dopiero od drugiej połowy XX wieku obserwuje się intensywny ruch w zakresie ochrony środowiska geologicznego z szerokim wykorzystaniem istniejącej już wiedzy. Na podstawie rozwoju społeczności ludzkich i cech energetycznych ekosystemów Odum dokonał ich klasyfikacji, którą ilustruje Tabela 8.

Tak ekologia, jak i ochrona środowiska są ściśle powiązane z innymi dziedzinami nauk, szczególnie przyrodniczych, jak np. ewolucjonizm, hydrobiologia, botanika, zoologia, mikrobiologia, fizjologia, geografia, geologia, gleboznawstwo,

Tabela 8. Klasyfikacja ekosystemów na podstawie cech energetycznych i rozwoju społeczności ludzkich (Mannion, 2001)

Typ ekosystemu	Roczny przepływ energii (kcal · m ⁻²)	Oszacowana wartość średnia (kcal · m ⁻²)	Faza rozwoju społecznego	Dostępna energia (kcal na dzień na osobę)
Ekosystemy naturalne, nie zasilane, działające dzięki energii słonecznej, np. otwarty ocean, lasy wyżynne. Czynniki antropogeniczne: myśliwi – zbieracze, rolnictwo koczownicze	10 ³ – 10 ⁴	2 · 10 ³	Myślistwo i zbieractwo	3 · 10 ³
Ekosystemy naturalne zasilane dzięki dopływowi energii słonecznej, np. zbiorniki, w których występują pływy, rafy koralowe, niektóre lasy deszczowe. W tych ekosystemach procesy naturalne są modyfikowane przez dopływ energii słonecznej, np. pływy i falowanie powodują dopływ materii organicznej i jej powtórne przetwarzanie, a energia słoneczna jest wykorzystywana do produkcji materii organicznej. Czynniki antropogeniczne: rybołówstwo, myślistwo i zbieractwo	10 ³ – 4 · 10 ⁴	2 · 10 ⁴	Początki rolnictwa	3 · 10 ³
Ekosystemy wspomagane przez człowieka działające dzięki energii słonecznej, np. rolnictwo, akwakultury, leśnictwo. Są to ekosystemy produkujące żywność lub błonnik, wspomagane dopływem energii produkowanej przez człowieka, np. przez mechanizację rolnictwa, stosowanie pestycydów lub nawozów sztucznych	10 ⁴ – 4 · 10 ⁴	2 · 10 ⁴	Rolnictwo	2 · 10 ⁴ – 2,6 · 10 ⁴
Systemy miejsko-przemysłowe zasilane energią produkowaną przez człowieka, np. miasta, osiedla przemysłowe. Są to systemy wytwarzające dobra materialne (i zanieczyszczenia), w których wykorzystanie energii uzyskanej z paliw dominuje nad wykorzystaniem energii słonecznej. Te ekosystemy (łącznie z układami społeczno-ekonomicznymi) są całkowicie zależne od systemów wymienionych powyżej, jako źródło pożywienia, energii i składowania odpadów	10 ⁵ – 3 · 10 ⁶	2 · 10 ⁶	Przemysł era postindustrialna (po wprowadzeniu energii nuklearnej jako alternatywnego źródła energii)	7,7 · 10 ⁴ 23 · 10 ⁴

toksykologia, klimatologia oraz z naukami ścisłymi: matematyką, fizyką, chemią. Środowisko przyrodnicze stanowi całość złożoną z powiązanych ze sobą i wzajemnie na siebie oddziałujących jednostkowych elementów składowych. Elementy składowe systemu przyrodniczego (naturalnego) rządzą się własnymi prawami i dlatego muszą być badane przez wyspecjalizowane dyscypliny, jednak z faktu ich wzajemnego powiązania wynika konieczność stosowania podejścia całościowego. Nie jest możliwe pełne poznanie składowych elementów środowiska bez uwzględnienia wpływu wywieranego przez nie na inne składowe. Każdy fragment ekosystemu musi być badany przy uwzględnieniu tła ekosystemów otaczających.

Analizując historię Polski można odnaleźć zapisy dotyczące prawnej ochrony środowiska naturalnego z okresu średniowiecza, kiedy to prawo odłowu pewnych gatunków zwierzyny łownej, wyrębu lasów, odłowu pewnych gatunków ryb oddano dworowi królewskiemu i książętom. Szczególną uwagę na otaczającą nas przyrodę zaczęto zwracać dopiero na przełomie XIX i XX wieku, wprowadzając stosownymi zapisami opiekę nad zabytkami sztuki i kultury (1918). Ochrona niektórych zabytków pozwoliła na objęcie nią także obiektów geologicznych, form ziemi oraz niektórych gatunków roślin i zwierząt (1919). Wprowadzono formy organizacyjne ochrony przyrody w Polsce (1925), pierwszą ustawę wodną (1922), ustawę o ochronie przyrody (1934 i 1949), ustawę o ochronie wód przed zanieczyszczeniem (1961), ustawę o ochronie powietrza atmosferycznego (1966), ustawę o ochronie i kształtowaniu środowiska (1980) i wreszcie *Prawo ochrony środowiska* (2001).

Historia ochrony środowiska w Polsce ma swoje przedwojenne tradycje ale okres międzywojenny i po drugiej wojnie światowej należy do okresu stopniowej intensyfikacji działań proekologicznych, które ewoluowały w latach siedemdziesiątych. Każdy okres był początkiem nowej ery w zakresie badań środowiskowych, bowiem z reguły nie kontynuowano prac poprzedników. Wiek XXI jest nowym etapem w ewolucji Ziemi, kiedy zdobycze nauk humanistycznych i technicznych kierują szczególną uwagę na ochronę i kształtowanie środowiska życia człowieka.

Rozdział 7 ZAŁĄCZNIKI

7.1. Akty prawne polskie (wybrane zagadnienia odnoszące się do ochrony środowiska)

1. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. *Prawo ochrony środowiska* (Dz.U. 2001, nr 62, poz. 627. *Data wejścia w życie: 2001.10.01*)

Akty zmieniające:

- Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. *Prawo wodne* (Dz.U. 2001, nr 115, poz. 1229. *Data wejścia w życie: 2002.01.01. Artykuł 2, ust. 3: 2003.01.01*)
- Ustawa z dnia 24 maja 2002 r. o Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego oraz Agencji Wywiadu (Dz.U. 2002, nr 74, poz. 676. *Data wejścia w życie: 2002.06.29. Artykuły 227 i 233: 2002.06.14*)
- Ustawa z dnia 20 czerwca 2002 r. o bezpośrednim wyborze wójta, burmistrza i prezydenta miasta (Dz.U. 2002, nr 113, poz. 984. *Data wejścia w życie: 2002.08.04. Artykuł 82, pkt 1 i 6 oraz artykuł 99: 2002.10.27*)
- Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o ustroju sądów administracyjnych i ustawę – Prawo o postępowaniu przed sądami administracyjnymi (Dz.U. 2002, nr 153, poz. 1271. *Data wejścia w życie: 2004.01.01. Artykuł 8, pkt 1 i 1, artykuł 10, pkt 2 i 3, artykuł 84, pkt 1, artykuł 86 par. 1, artykuł 87, par. 2, artykuł 88, artykuł 90, par. 1, artykuł 91 i artykuł 92: 2002.10.05*)
- Ustawa z dnia 23 listopada 2002 r. o zmianie ustawy – *Prawo ochrony środowiska* i ustawy – *Prawo wodne* (Dz.U. 2002, nr 233, poz. 1957. *Data wejścia w życie: 2003.01.12*)
- Ustawa z dnia 14 lutego 2003 r. o zmianie ustawy o przeznaczeniu gruntów rolnych do zalesiania oraz ustawy – *Prawo ochrony środowiska* (Dz.U. 2003, nr 46, poz. 392. *Data wejścia w życie: 2003.04.02. Artykuł 3: 2003.03.18 z mocą od 2003.01.31*)
- Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. 2003, nr 80, poz. 717. *Data wejścia w życie: 2003.07.11*)

- Ustawa z dnia 10 kwietnia 2003 r. o szczególnych zasadach przygotowania i realizacji inwestycji w zakresie dróg krajowych (Dz. U. 2003, nr 80, poz. 721. *Data wejścia w życie: 2003.05.25*)
- Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami (Dz.U. 2003, nr 162, poz. 1568. *Data wejścia w życie: 2003.11.17. Rozdział 6 stosuje się z dniem uzyskania przez Rzeczypospolitą Polską członkostwa w Unii Europejskiej*)
- Ustawa z dnia 29 sierpnia 2003 r. o zmianie ustawy o restrukturyzacji finansowej górnictwa siarki oraz ustawy – *Prawo ochrony środowiska* (Dz.U. 2003, nr 175, poz. 1693. *Data wejścia w życie: 2003.10.23*)
- Ustawa z dnia 3 października 2003 r. o zmianie ustawy – *Prawo ochrony środowiska* i niektórych innych ustaw (Dz.U. 2003, nr 190, poz. 1865. *Data wejścia w życie: 2003.12.08. Artykuł 1, pkt 25, 35, 55 – 62 i 86 lit. b i c: 2004.01.01*)

Akty wykonawcze:

- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 29 września 2001 r. w sprawie wysokości jednostkowych stawek kar za przekroczenie dopuszczalnego poziomu hałasu (Dz.U. 2001, nr 120, poz. 1285. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 listopada 2001 r. w sprawie rodzajów instalacji, których eksploatacja wymaga zgłoszenia (Dz.U. 2001, nr 140, poz. 1585. *Data wejścia w życie: 2001.12.26*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 11 grudnia 2001 r. w sprawie wysokości jednostkowych stawek kar za przekroczenie warunków wprowadzania ścieków do wód lub do ziemi (Dz.U. 2001 nr 146, poz. 1640. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 stycznia 2002 r. w sprawie wartości progowych poziomów hałasu (Dz.U. 2002, nr 8, poz. 81. *Data wejścia w życie: 2002.02.15*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 9 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów i ilości substancji niebezpiecznych, których znajdowanie się w zakładzie decyduje o zaliczeniu go do zakładu o zwiększonym ryzyku albo zakładu o dużym ryzyku występowania poważnej awarii przemysłowej (Dz.U. 2002, nr 58, 535. *Data wejścia w życie: 2002.06.01*)
- Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 23 maja 2002 r. w sprawie średniej krajowej przychodów gminnych i powiatowych funduszy ochrony środowiska i gospodarki wodnej w 2001 r. przypadających na jednego mieszkańca (M.P. 2002, nr 21, poz. 376. *Data ogłoszenia: 2002.06.07*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 czerwca 2002 r. w sprawie szczegółowego zakresu informacji wymaganych do podania do publicznej wiadomości przez komendanta wojewódzkiego Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. 2002, nr 78, poz. 712. *Data wejścia w życie: 2002.07.04*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 czerwca 2002 r. w sprawie szczegółowego sposobu funkcjonowania Państwowej Rady Ochrony Środowiska (Dz.U. 2002, nr 77, poz. 702. *Data wejścia w życie: 2002.07.03*)

- 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 (Dz.U. 2002, nr 87, poz. 796. *Data wejścia w życie: 2002.07.12*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 czerwca 2002 r. w sprawie oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz.U. 2002, nr 87, poz. 798. *Data wejścia w życie: 2002.07.12*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 24 czerwca 2002 r. w sprawie wymagań w zakresie wykorzystywania i przemieszczania substancji stwarzających szczególne zagrożenie dla środowiska oraz wykorzystywania i oczyszczania instalacji lub urządzeń, w których były lub są wykorzystywane substancje stwarzające szczególne zagrożenie dla środowiska (Dz.U. 2002, nr 96, poz. 860. *Data wejścia w życie: 2002.07.16*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 czerwca 2002 r. w sprawie nadania statutu Narodowemu Funduszowi Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (Dz.U. 2002, nr 96, poz. 865. *Data wejścia w życie: 2002.07.16*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 czerwca 2002 r. w sprawie wzorów wykazów zawierających informacje i dane o zakresie korzystania ze środowiska i sposobu ich przedstawiania (Dz.U. 2002, nr 100, poz. 920. *Data wejścia w życie: 2002.07.19*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 lipca 2002 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać programy ochrony powietrza (Dz.U. 2002, nr 115, poz. 1003. *Data wejścia w życie: 2002.08.08*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 lipca 2002 r. w sprawie rodzajów instalacji mogących powodować znaczne zanieczyszczenie poszczególnych elementów przyrodniczych albo środowiska jako całości (Dz.U. 2002, nr 122, poz. 1055. *Data wejścia w życie: 2002.08.16*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 31 lipca 2002 r. w sprawie określenia szczegółowego sposobu funkcjonowania Krajowej Komisji do Spraw Oddziaływania na Środowisko oraz wojewódzkich komisji do spraw ocen oddziaływania na środowisko (Dz.U. 2002, nr 134, poz. 1139. *Data wejścia w życie: 2002.09.11*)
- Rozporządzenie Ministra Obrony Narodowej z dnia 9 sierpnia 2002 r. w sprawie szczegółowych zasad sporządzania instrukcji szkoleniowej w zakresie zapewnienia wymogów ochrony zwierząt oraz roślin w toku szkolenia Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej na poligonach (Dz.U. 2002, nr 137, poz. 1157. *Data wejścia w życie: 2002.09.13*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2002 r. w sprawie określenia wynagrodzenia członków Rady Nadzorczej Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej za udział w pracach Rady (Dz.U. 2002, nr 142, poz. 1193. *Data wejścia w życie: 2002.09.21*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie opracowań ekofizjograficznych (Dz.U. 2002, nr 155, poz. 1298. *Data wejścia w życie: 2002.10.08*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. 2002, nr 165, poz. 1359. *Data wejścia w życie: 2002.10.19*)

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 października 2002 r. w sprawie sposobu przedkładania wojewodzie informacji o rodzaju, ilości i miejscach występowania substancji stwarzających szczególne zagrożenie dla środowiska (Dz.U. 2002, nr 175, poz. 1439. *Data wejścia w życie: 2002.11.05*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 26 września 2002 r. w sprawie określenia urzędzeń, w których mogły być wykorzystywane substancje stwarzające szczególne zagrożenie dla środowiska (Dz.U. 2002, nr 173, poz. 1416. *Data wejścia w życie: 2002.11.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2002 r. w sprawie sposobu udostępniania informacji o środowisku (Dz.U. 2002, nr 176, poz. 1453. *Data wejścia w życie: 2003.01.01. Paragraf 4, pkt 2: 2003.07.01. Paragraf 6, pkt 2 i 3: 2004.10.01. Paragraf 7, pkt 2: 2006.04.01. Paragraf 6, pkt 4 i 5: 2009.10.01*)
- Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 15 października 2002 r. w sprawie wysokości stawek opłat za korzystanie ze środowiska na rok 2003 (M.P. 2002, nr 49, poz. 715. *Data ogłoszenia: 2002.10.25*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 września 2002 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczególnych kryteriów związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięć do sporządzenia raportu o oddziaływaniu na środowisko (Dz.U. 2002, nr 179, poz. 1490. *Data wejścia w życie: 2002.11.13*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17 października 2002 r. w sprawie szczególnych wymagań, jakim powinny odpowiadać wytwarzane i wprowadzane do obrotu baterie i akumulatory (Dz.U. 2002, nr 182, poz. 1519. *Data ogłoszenia: 2002.11.04*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 października 2002 r. w sprawie szczególnych wymagań, jakim powinien odpowiadać program ochrony środowiska przed hałasem (Dz.U. 2002, nr 179, poz. 1498. *Data wejścia w życie: 2002.11.13*)
- Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2002 r. w sprawie jednostkowych stawek kar za przekroczenie dopuszczalnego poziomu hałasu na 2003 r. (M.P. 2002, nr 54, poz. 743. *Data ogłoszenia: 2002.11.15*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 listopada 2002 r. w sprawie szczególnych warunków, jakim powinna odpowiadać prognoza oddziaływania na środowisko dotycząca projektów miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego (Dz.U. 2002, nr 197, poz. 1667. *Data wejścia w życie: 2002.12.12*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 listopada 2002 r. w sprawie zakresu i sposobu przekazywania informacji dotyczących zanieczyszczenia powietrza (Dz.U. 2002, nr 204, poz. 1727. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17 grudnia 2002 r. w sprawie szczególnych wymagań jakościowych dla niektórych paliw ciekłych (Dz.U. 2002, nr 229, poz. 1918. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2002 r. w sprawie szczególnych zasad gospodarki finansowej Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Go-

- spodarki Wodnej i wojewódzkich funduszy ochrony środowiska i gospodarki wodnej (Dz.U. 2002, nr 230, poz. 1934. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 grudnia 2002 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz.U. 2003, nr 1, poz. 12. *Data wejścia w życie: 2002.02.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 17 stycznia 2003 r. w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją dróg, linii kolejowych, linii tramwajowych, lotnisk oraz portów, które powinny być przekazywane właściwym organom ochrony środowiska, oraz terminów i sposobów ich prezentacji (Dz.U. 2003, nr 18, poz. 164. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 stycznia 2003 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów w środowisku substancji lub energii przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem, portem (Dz.U. 2003, nr 35, poz. 308. *Data wejścia w życie: 2004.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 25 lutego 2003 r. w sprawie stawek opłat za udostępnianie informacji o środowisku i jego ochronie oraz sposobu uiszczania opłat (Dz.U. 2003, nr 50, poz. 435. *Data wejścia w życie: 2003.04.09*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 12 lutego 2003 r. w sprawie zryczałtowanej wysokości wynagrodzenia członków komisji negocjacyjnej (Dz.U. 2003, nr 52, poz. 466. *Data wejścia w życie: 2003.04.12*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 marca 2003 r. w sprawie opłat za korzystanie ze środowiska (Dz.U. 2003, nr 55, poz. 477. *Data wejścia w życie: 2003.04.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 lutego 2003 r. w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją instalacji lub urządzenia, przekazywanych właściwym organom ochrony środowiska oraz terminu i sposobów ich prezentacji (Dz.U. 2003, nr 59, poz. 529. *Data wejścia w życie: 2003.07.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 marca 2003 r. w sprawie wysokości zryczałtowanego kosztu postępowania negocjacyjnego (Dz.U. 2003, nr 67, poz. 631. *Data wejścia w życie: 2003.05.03*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 kwietnia 2003 r. w sprawie rodzajów instalacji, dla których prowadzący mogą ubiegać się o ustalenie programu dostosowawczego (Dz.U. 2003, nr 80, poz. 731. *Data wejścia w życie: 2003.05.25*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 maja 2003 r. w sprawie wymagań, jakim powinien odpowiadać raport o bezpieczeństwie zakładu o dużym ryzyku (Dz.U. 2003, nr 104, poz. 970. *Data wejścia w życie: 2003.06.28*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 czerwca 2003 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji (Dz.U. 2003, nr 110, poz. 1057. *Data wejścia w życie: 2003.07.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 17 czerwca 2003 r. w sprawie określenia wzoru publicznie dostępnego wykazu danych o dokumentach zawierających informacje

- o środowisku i jego ochronie (Dz.U. 2003, nr 110, poz. 1058. *Data wejścia w życie: 2003.07.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 czerwca 2003 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wzorów wykazów zawierających informacje i dane o zakresie korzystania ze środowiska i sposobu ich przedstawiania (Dz.U. 2003, nr 113, poz. 1075. *Data wejścia w życie: 2003.07.01*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 26 czerwca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dla niektórych produktów ze względu na ich negatywne oddziaływanie na środowisko (Dz.U. 2003, nr 114, poz. 1078. *Data wejścia w życie: 2003.07.01*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 17 lipca 2003 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać plany operacyjno-ratownicze (Dz.U. 2003, nr 131, poz. 1219. *Data wejścia w życie: 2003.08.02*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 sierpnia 2003 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji (Dz.U. 2003, nr 163, poz. 1584. *Data wejścia w życie: 2003.10.03*)
- Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 15 października 2003 r. w sprawie wysokości stawek opłat za korzystanie ze środowiska na rok 2004 (M.P. 2003, nr 50, poz. 782. *Data ogłoszenia: 2003.10.31*)
- Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 21 października 2003 r. w sprawie wysokości stawek kar za przekroczenia warunków wprowadzania ścieków do wód lub do ziemi oraz za przekroczenia dopuszczalnego poziomu hałasu, na rok 2004 (M.P. 2003, nr 50, poz. 783. *Data ogłoszenia: 2003.10.31*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 23 października 2003 r. w sprawie wymagań w zakresie wykorzystywania i przemieszczania azbestu oraz wykorzystywania i oczyszczania instalacji lub urządzeń, w których był lub jest wykorzystywany azbest (Dz.U. 2003, nr 192, poz. 1876. *Data wejścia w życie: 2003.11.29*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów (Dz.U. 2003, nr 192, poz. 1883. *Data wejścia w życie: 2003.11.29*)

2. Ustawa z dnia 4 lutego 1994 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 1994, nr 27, poz. 96. *Data wejścia w życie: 1994.09.01. Artykuł 153, ust. 1 i 4: 1994.03.15*)

Akty zmieniające:

- Ustawa z dnia 27 lipca 2001 r. o zmianie ustawy – *Prawo geologiczne i górnicze* (Dz.U. 2001, nr 110, poz. 1190. *Data wejścia w życie: 2002.01.01. Artykuł 1, pkt 14 w zakresie dotyczącym artykułu 26a ustawy: 2001.10.20*)

Akty wykonawcze:

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 10 grudnia 2001 r. w sprawie rejestru obszarów górniczych (Dz.U. 2001, nr 148, poz. 1660. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 grudnia 2001 r. w sprawie określenia przypadków, w których jest konieczne sporządzenie innej dokumentacji geologicznej (Dz.U. 2001, nr 152, poz. 1741. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 grudnia 2001 r. w sprawie stawek opłat eksploatacyjnych (Dz.U. 2001, nr 153, poz. 1746. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 3 grudnia 2001 r. w sprawie wzorów druków informacji dotyczącej opłaty eksploatacyjnej za wydobytą kopalinę ze złóż (Dz.U. 2001, nr 153, poz. 1773. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 grudnia 2001 r. w sprawie kryteriów bilansowości złóż kopalin (Dz.U. 2001, nr 153, poz. 1774. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 grudnia 2001 r. w sprawie szczególnych wymagań, jakim powinny odpowiadać operaty ewidencyjne zasobów złóż kopalin (Dz.U. 2001, nr 153, poz. 1775. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 19 grudnia 2001 r. w sprawie kategorii prac geologicznych, kwalifikacji do wykonywania, dozoru i kierowania tymi pracami oraz sposobu postępowania w sprawach stwierdzenia kwalifikacji (Dz.U. 2001, nr 153, poz. 1776. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 19 grudnia 2001 r. w sprawie projektów prac geologicznych (Dz.U. 2001, nr 153, poz. 1777. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 19 grudnia 2001 r. w sprawie szczególnych wymagań, jakim powinny odpowiadać dokumentacje geologiczne złóż kopalin (Dz.U. 2001, nr 153, poz. 1778. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 19 grudnia 2001 r. w sprawie szczególnych wymagań, jakim powinny odpowiadać dokumentacje hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie (Dz.U. 2001, nr 153, poz. 1779. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 19 grudnia 2001 r. w sprawie gromadzenia i udostępniania próbek i dokumentacji geologicznych (Dz.U. 2001, nr 153, poz. 1780. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 19 grudnia 2001 r. w sprawie sposobu i zakresu wykonywania obowiązku udostępniania i przekazywania informacji oraz próbek organom administracji geologicznej przez wykonawcę prac geologicznych (Dz.U. 2001, nr 153, poz. 1781. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 grudnia 2001 r. w sprawie złóż wód podziemnych zaliczanych do solanek, wód leczniczych i termalnych oraz złóż innych kopalin leczniczych, a także zaliczenia kopalin pospolitych z określonych złóż lub jednostek geologicznych do kopalin podstawowych (Dz.U. 2001, nr 156, poz. 1815. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)

- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 grudnia 2001 r. w sprawie przetargu na nabycie prawa użytkowania górniczego (Dz.U. 2001, nr 156, poz. 1816. *Data wejścia w życie: 2002.02.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 grudnia 2001 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać projekty zagospodarowania złóż (Dz.U. 2001, nr 157, poz. 1866. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Zarządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 25 marca 2002 r. w sprawie nadania statutu Wyższemu Urzędowi Górniczemu (M.P. 2002, nr 13, poz. 224. *Data obowiązywania: 2002.04.20*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23 kwietnia 2002 r. w sprawie objęcia przepisami Prawa geologicznego i górniczego prowadzenia określonych robót podziemnych z zastosowaniem techniki górniczej (Dz.U. 2002, nr 62, poz. 561. *Data wejścia w życie: 2002.06.08*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 11 czerwca 2002 r. w sprawie kwalifikacji wymaganych od osób kierownictwa i dozoru ruchu zakładów górniczych, mierniczego górniczego i geologa górniczego oraz wykazu stanowisk w ruchu zakładu górniczego, które wymagają szczególnych kwalifikacji (Dz.U. 2002, nr 84, poz. 755. *Data wejścia w życie: 2002.07.01*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17 czerwca 2002 r. w sprawie nabywania, przechowywania i używania środków strzałowych w zakładach górniczych (Dz.U. 2002, nr 92, poz. 818. *Data wejścia w życie: 2002.07.01*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 19 czerwca 2002 r. w sprawie dokumentacji mierniczo-geologicznej (Dz.U. 2002, nr 92, poz. 819. *Data wejścia w życie: 2002.07.01*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 12 czerwca 2002 r. w sprawie ratownictwa górniczego (Dz.U. 2002, nr 94, poz. 838. *Data wejścia w życie: 2002.07.01*)
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 14 czerwca 2002 r. w sprawie planów ruchu zakładów górniczych (Dz.U. 2002, nr 94, poz. 840. *Data wejścia w życie: 2002.07.01*)
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 14 czerwca 2002 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz.U. 2002, nr 94, poz. 841. *Data wejścia w życie: 2002.07.01*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w odkrywkowych zakładach górniczych wydobywających kopaliny podstawowe (Dz.U. 2002, nr 96, poz. 858. *Data wejścia w życie: 2002.07.01*)
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 25 czerwca 2002 r. w sprawie ustalenia siedzib i właściwości miejscowej okręgowych urzędów górniczych oraz zniesienia Okręgowego Urzędu Górniczego w Wałbrzychu (Dz.U. 2002, nr 96, poz. 863. *Data wejścia w życie: 2002.07.01*)

- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 25 czerwca 2002 r. w sprawie ustalenia siedziby i właściwości Urzędu Górniczego do Badań Kontrolnych Urządzeń Energo mechanicznych (Dz.U. 2002, nr 96, poz. 864. *Data wejścia w życie: 2002.07.01*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 24 czerwca 2002 r. w sprawie szczegółowych zasad tworzenia i funkcjonowania funduszu likwidacji zakładu górniczego (Dz.U. 2002, nr 108, poz. 951. *data wejścia w życie: 2002.08.01*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w zakładach górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi (Dz. U. 2002, nr 109, poz. 961. *Data wejścia w życie: 2002.07.18*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w odkrywkowych zakładach górniczych wydobywających kopaliny polspolite (Dz.U. 2002, nr 109, poz. 962. *Data wejścia w życie: 2002.06.28*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 lipca 2002 r. w sprawie dopuszczenia do stosowania w zakładach górniczych maszyn, urządzeń, materiałów oraz środków strzałowych i sprzętu strzałowego (Dz.U. 2002, nr 125, poz. 1064. *Data wejścia w życie: 2002.08.06. Paragraf 3, pkt 2 i 3 obowiązuje do dnia uzyskania przez Rzeczypospolitą Polska członkostwa w Unii Europejskiej. Paragraf 5 stosuje się od dnia uzyskania przez Rzeczypospolitą Polską członkostwa w Unii Europejskiej.*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz. U. 2002, nr 139, poz. 1169. *Data wejścia w życie: 2002.09.02. Paragraf 440, ust. 1 i 3: 2004.01.01. Paragraf 610, ust. 4 w odniesieniu do maszyn, urządzeń i instalacji eksploatowanych w dniu wejścia w życie rozporządzenia, wchodzi w życie z dniem 2004.01.01. Paragraf 614, ust. 2 w odniesieniu do lamp osobistych stosowanych w dniu wejścia w życie rozporządzenia, wchodzi w życie 2003.01.01. Paragraf 623, ust. 1 w odniesieniu do istniejących w dniu wejścia w życie rozporządzenia instalacji elektrycznych w pomieszczeniach zaliczanych do stopnia „a” niebezpieczeństwa wybuchu metanu, wchodzi w życie 2004.01.01. Paragraf 635, ust. 1 w odniesieniu do eksploatowanych w dniu wejścia w życie rozporządzenia maszyn i urządzeń poza oddziałami górniczymi, z wyjątkiem maszyn ręcznych i ruchomych, wchodzi w życie 2004.01.01. Paragraf 681, ust. 6 wchodzi w życie 2003.01.01.*)
- Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 11 września 2002 r. w sprawie górnych i dolnych granic stawek opłat eksploatacyjnych na 2003 r. (M.P. 2002, nr 41, poz. 643. *Data ogłoszenia 2002.09.18*)
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 3 października 2002 r. w sprawie zniesienia Okręgowego Urzędu Górniczego w Bytomiu (Dz. U. 2002, nr 172, poz. 1410. *Data wejścia w życie: 2002.10.15*)
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 3 października 2002 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ustalenia siedzib i właściwości miejsco-

wej okręgowych urzędów górniczych oraz zniesienia Okręgowego Urzędu Górniczego w Wałbrzychu (Dz.U. 2002, nr 172, poz. 1411. *Data wejścia w życie: 2002.10.15*)

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 1 kwietnia 2003 r. w sprawie przechowywania i używania środków strzałowych i sprzętu strzałowego w zakładach górniczych (Dz.U. 2003, nr 72, poz. 655. *Data wejścia w życie: 2003.05.14*)
- Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 17 września 2003 r. w sprawie górnych i dolnych granic stawek opłat eksploatacyjnych na rok 2004 (M.P. 2003, nr 45, poz. 692. *Data ogłoszenia: 2003.09.29*)
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 6 października 2003 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie planów ruchu zakładów górniczych (Dz. U. 2003, nr 181, poz. 1776. *Data wejścia w życie: 2003.11.08*)
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 6 października 2003 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz.U. 2003, nr 181, poz. 1777. *Data wejścia w życie: 2003.11.24*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 27 października 2003 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie opłat eksploatacyjnych (Dz.U. 2003, nr 185, poz. 1804. *Data wejścia w życie: 2004.01.01*)

3. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (Dz. U. 2001, nr 62, poz. 628. *Data wejścia w życie: 2001.10.01*)

Akty zmieniające:

- Ustawa z dnia 20 marca 2002 r. o przekształceniach w administracji celnej oraz o zmianie niektórych ustaw (Dz.U. 2002, nr 41, poz. 365. *Data wejścia w życie: 2002.05.01*)
- Ustawa z dnia 20 czerwca 2002 r. o bezpośrednim wyborze wójta, burmistrza i prezydenta miasta (Dz.U. 2002, nr 113, poz. 984. *Data wejścia w życie: 2002.08.04*)
- Ustawa z dnia 28 października 2002 r. o przewozie drogowym towarów niebezpiecznych (Dz.U. 2002, nr 199, poz. 1671. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Ustawa z dnia 19 grudnia 2002 r. o zmianie ustawy o odpadach oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2003, nr 7, poz. 78. *Data wejścia w życie: 2003.02.07*)

Akty wykonawcze:

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. 2001, nr 112, poz. 1206. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2001 r. w sprawie stwierdzania kwalifikacji w zakresie gospodarowania odpadami (Dz.U. 2001, nr 140, poz. 1584. *Data wejścia w życie: 2001.12.26*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 grudnia 2001 r. w sprawie zakresu informacji podawanych przy rejestracji przez posiadaczy odpadów zwolnionych z obowiąz-

- ku uzyskiwania zezwoleń oraz sposobu rejestracji (Dz.U. 2001, nr 152, poz. 1734. *Data wejścia w życie: 2002.01.12*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 grudnia 2001 r. w sprawie rodzajów odpadów lub ich ilości, dla których nie ma obowiązku prowadzenia ewidencji odpadów, oraz kategorii małych i średnich przedsiębiorstw, które mogą prowadzić uproszczoną ewidencję odpadów (Dz.U. 2001, nr 152, poz. 1735. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 grudnia 2001 r. w sprawie wzorów dokumentów stosowanych na potrzeby ewidencji odpadów (Dz.U. 2001, nr 152, poz. 1736. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 grudnia 2001 r. w sprawie zakresu informacji oraz wzorów formularzy służących do sporządzania i przekazywania zbiorczych zestawień danych (Dz.U. 2001, nr 152, poz. 1737. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 grudnia 2001 r. w sprawie warunków i zakresu dostępu do wojewódzkiej bazy danych dotyczącej wytwarzania i gospodarowania odpadami (Dz.U. 2001, nr 152, poz. 1738. *Data wejścia w życie: 2002.01.12*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 grudnia 2001 r. w sprawie zasad sporządzania raportu wojewódzkiego (Dz.U. 2001, nr 152, poz. 1739. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 grudnia 2001 r. w sprawie niezbędnego zakresu informacji objętych obowiązkiem zbierania i przetwarzania oraz sposobu prowadzenia centralnej i wojewódzkiej bazy danych dotyczącej wytwarzania i gospodarowania odpadami (Dz.U. 2001, nr 152, poz. 1740. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2002 r. w sprawie rodzajów odpadów niebezpiecznych dopuszczonych do przywozu z zagranicy (Dz.U. 2002, nr 15, poz. 146. *Data wejścia w życie: 2002.03.05*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2002 r. w sprawie wprowadzenia obowiązku uzyskiwania zezwoleń na wywóz do określonych państw odpadów innych niż niebezpieczne (Dz.U. 2002, nr 15, poz. 147. *Data wejścia w życie: 2002.03.12*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2002 r. w sprawie wzoru rejestru decyzji wydanych w zakresie międzynarodowego obrotu odpadami (Dz.U. 2002, nr 15, poz. 148. *Data wejścia w życie: 2002.03.12*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 29 stycznia 2002 r. w sprawie rodzajów odpadów innych niż niebezpieczne oraz rodzajów instalacji i urządzeń, w których dopuszcza się ich termiczne przekształcenie (Dz.U. 2002, nr 18, poz. 176. *Data wejścia w życie: 2002.03.21*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 marca 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów (Dz.U. 2002, nr 37, poz. 339. *Data wejścia w życie: 2002.04.27*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 marca 2002 r. w sprawie określenia wzoru dokumentu stosowanego w międzynarodowym obrocie odpadami (Dz.U. 2002, nr 56, poz. 511. *Data wejścia w życie: 2002.05.30*)

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony (Dz.U. 2002, nr 55, poz. 498. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 marca 2002 r. w sprawie listy odpadów innych niż niebezpieczne, których przywóz z zagranicy nie wymaga zezwolenia Głównego Inspektora Ochrony Środowiska (Dz.U. 2002, nr 56, poz. 512. *Data wejścia w życie: 2002.05.30*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 maja 2002 r. w sprawie wniosku o wydanie zezwolenia na przewóz lub na wywóz odpadów niebezpiecznych za granicę (Dz.U. 2002, nr 56, poz. 513. *Data wejścia w życie: 2002.05.30*)
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 13 maja 2002 r. w sprawie wykazu przejść granicznych, którymi może być realizowany międzynarodowy obrót odpadami (Dz.U. 2002, nr 60, poz. 548. *Data wejścia w życie: 2002.05.21*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 maja 2002 r. w sprawie listy rodzajów odpadów, które posiadacz odpadów może przekazywać osobom fizycznym lub jednostkom organizacyjnym, niebędącym przedsiębiorcami, do wykorzystania na ich własne potrzeby (Dz.U. 2002, nr 74, poz. 686. *Data wejścia w życie: 2002.06.29*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych. (Dz.U. 2002, nr 134, poz. 1140. *Data wejścia w życie: 2002.09.11*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 października 2002 r. w sprawie składowisk odpadów oraz miejsc magazynowania odpadów pochodzących z procesów wytwarzania dwutlenku tytanu oraz z przetwarzania tych odpadów (Dz.U. 2002, nr 176, poz. 1456. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 października 2002 r. w sprawie odpadów pochodzących z procesów wytwarzania dwutlenku tytanu oraz z przetwarzania tych odpadów, które nie mogą być unieszkodliwiane przez składowanie (Dz.U. 2002, nr 180, poz. 1513. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 października 2002 r. w sprawie rodzajów odpadów, których zbieranie lub transport nie wymagają zezwolenia na prowadzenie działalności, oraz podstawowych wymagań dla zbierania i transportu tych odpadów (Dz.U. 2002, nr 188, poz. 1575. *Data wejścia w życie: 2002.11.29*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie rodzajów odpadów, które mogą być składowane w sposób nieselektywny (Dz.U. 2002, nr 191, poz. 1595. *Data wejścia w życie: 2002.11.18*)
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 31 października 2002 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu przejść granicznych, którymi może być realizowany międzynarodowy obrót odpadami (Dz.U. 2002, nr 191, poz. 1599. *Data wejścia w życie: 2002.12.03*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów (Dz.U. 2002, nr 220, poz. 1858. *Data wejścia w życie: 2003.01.03*)

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 19 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu i sposobu stosowania przepisów o przewozie drogowym towarów niebezpiecznych do transportu odpadów niebezpiecznych (Dz.U. 2002, nr 236, poz. 1986. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie rodzajów odpadów medycznych i weterynaryjnych, których poddawanie odzyskowi jest zakazane (Dz.U. 2003, nr 8, poz. 103. *Data wejścia w życie: 2003.02.08*)
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie dopuszczalnych sposobów i warunków unieszkodliwiania odpadów medycznych i weterynaryjnych (Dz.U. 2003, nr 8, poz. 104. *Data wejścia w życie: 2003.02.08*)
- Uchwała Nr 219 Rady Ministrów z dnia 29 października 2002 r. w sprawie krajowego planu gospodarki odpadami (M.P. 2003, nr 11, poz. 159. *Data wejścia w życie: 2002.10.29*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów (Dz.U. 2003, nr 61, poz. 549. *Data wejścia w życie: 2003.04.25*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 kwietnia 2003 r. w sprawie sporządzenia planów gospodarki odpadami (Dz.U. 2003, nr 66, poz. 620. *Data wejścia w życie: 2003.05.02*)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 31 października 2003 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie rodzajów odpadów innych niż niebezpieczne oraz rodzajów instalacji i urządzeń, w których dopuszcza się ich termiczne przekształcanie (Dz.U. 2003, nr 192, poz. 1877. *Data wejścia w życie: 2003.11.14*)

4. Ustawa z dnia 7 grudnia 2000 r. o zmianie ustawy o ochronie przyrody (Dz.U. 2001, nr 3, poz. 21. *Data wejścia w życie: 2001.02.02*)

Akty wykonawcze:

- Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 2 lipca 2001 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o ochronie przyrody (Dz.U. 2001, nr 99, poz. 1079).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 sierpnia 2001 r. w sprawie określenia rodzajów siedlisk przyrodniczych podlegających ochronie (Dz.U. 2001, nr 92, poz. 1029. *Data wejścia w życie: 2001.09.18*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 10 września 2001 r. w sprawie określenia stanowisk i wymagań kwalifikacyjnych dla pracowników Służby Parków Narodowych (Dz.U. 2001, nr 101, poz. 1108. *Data wejścia w życie: 2001.10.05*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 10 września 2001 r. w sprawie określenia stanowisk i wymagań kwalifikacyjnych dla pracowników Służby Parków Krajobrazowych (Dz.U. 2001, nr 101, poz. 1107. *Data wejścia w życie: 2001.10.05*)

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 września 2001 r. w sprawie listy gatunków roślin rodzimych dziko występujących objętych ochroną gatunkową ścisłą i częściową oraz zakazów właściwych dla tych gatunków i odstępstw od tych zakazów (Dz.U. 2001, nr 106, poz. 1167. *Data wejścia w życie: 2001.09.29*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 września 2001 r. w sprawie określenia listy gatunków zwierząt rodzimych dziko występujących objętych ochroną gatunkową ścisłą i częściową oraz zakazów dla danych gatunków i odstępstw od tych zakazów (Dz.U. 2001, nr 130, poz. 1456. *Data wejścia w życie: 2001.11.15*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 lutego 2002 r. w sprawie zezwoleń na przewożenie przez granicę państwa określonych roślin i zwierząt (Dz.U. 2002, nr 39, poz. 357. *Data wejścia w życie: 2002.05.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 kwietnia 2002 r. w sprawie szczególnych zasad sporządzania projektu planu ochrony dla parku narodowego (Dz.U. 2002, nr 55, poz. 495. *Data wejścia w życie: 2002.05.29*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 kwietnia 2002 r. w sprawie szczególnych zasad sporządzania projektu planu ochrony dla rezerwatu przyrody (Dz.U. 2002, nr 55, poz. 496. *Data wejścia w życie: 2002.05.29*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 kwietnia 2002 r. w sprawie szczególnych zasad sporządzania projektu planu ochrony dla parku krajobrazowego (Dz.U. 2002, nr 55, poz. 497. *Data wejścia w życie: 2002.05.29*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 4 grudnia 2002 r. w sprawie gatunków zwierząt chronionych wyrządzających szkody, za które odpowiada Skarb Państwa (Dz.U. 2002, nr 205, poz. 1732. *Data wejścia w życie: 2002.12.24*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 6 maja 2003 r. w sprawie jednostkowych stawek opłat za usuwanie drzew lub krzewów (Dz.U. 2003, nr 99, poz. 906. *Data wejścia w życie: 2003.07.01*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 6 maja 2003 r. w sprawie jednostkowych kar za usuwanie drzew (Dz.U. 2003, nr 99, poz. 907. *Data wejścia w życie: 2003.07.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2003 r. w sprawie szczególnych warunków dla chowu i hodowli poszczególnych grup zwierząt w ogrodach zoologicznych (Dz.U. 2003, nr 99, poz. 916. *Data wejścia w życie: 2003.06.19*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 czerwca 2003 r. w sprawie trybu nakładania administracyjnych kar pieniężnych za usuwanie drzew lub krzewów bez wymaganego zezwolenia oraz za zniszczenie terenów zieleni albo drzew lub krzewów (Dz.U. 2003, nr 113, poz. 1074. *Data wejścia w życie: 2003.07.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 25 czerwca 2003 r. w sprawie uznania za rezerwat przyrody (Dz.U. 2003, nr 132, poz. 1236. *Data wejścia w życie: 2003.08.13*)

5. Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz.U. 1995, nr 16, poz. 78. Data wejścia w życie: 1995.03.24)

Akty zmieniające:

- Ustawa z dnia 11 grudnia 1997 r. zmieniająca ustawę o zmianie ustawy o lasach oraz o zmianie niektórych ustaw i ustawę o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz.U. 1997, nr 160, poz. 1079. *Data wejścia w życie: 1997.12.29*)
- Ustawa z dnia 22 maja 1997 r. o zmianie ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz.U. 1997, nr 60, poz. 370. *Data wejścia w życie: 1997.06.29*)
- Ustawa z dnia 17 lipca 1997 r. o zmianie ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz.U. 1997, nr 80, poz. 505. *Data wejścia w życie: 1997.07.18*)
- Ustawa z dnia 24 lipca 1998 r. o zmianie niektórych ustaw określających kompetencje organów administracji publicznej – w związku z reformą ustrojową państwa (Dz.U. 1998, nr 106, poz. 668. *Data wejścia w życie: 1999.01.01*)
- Ustawa z dnia 21 stycznia 2000 r. o zmianie niektórych ustaw związanych z funkcjonowaniem administracji publicznej (Dz.U. 2000, nr 12, poz. 136. *Data wejścia w życie: 2000.02.23*)
- Ustawa z dnia 22 grudnia 2000 r. o zmianie niektórych upoważnień ustawowych do wydawania aktów normatywnych oraz o zmianie niektórych ustaw (Dz.U. 2000, nr 120, poz. 1268. *Data wejścia w życie: 2001.03.30*)
- Ustawa z dnia 21 czerwca 2001 r. o zmianie ustawy o izbach rolniczych oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2001, nr 81, poz. 875. *Data wejścia w życie: 2001.08.22*)
- Ustawa z dnia 27 lipca 2001 r. o wprowadzeniu ustawy – *Prawo ochrony środowiska*, ustawy o odpadach oraz o zmianie niektórych ustaw (Dz.U. 2001, nr 100, poz. 1085. *Data wejścia w życie: 2001.10.01*)
- Ustawa z dnia 20 czerwca 2002 r. o bezpośrednim wyborze wójta, burmistrza i prezydenta miasta (Dz.U. 2002, nr 113, poz. 984. *Data wejścia w życie: 2002.08.04*)
- Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. 2003, nr 80, poz. 717. *Data wejścia w życie: 2003.07.11*)
- Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami (Dz.U. 2003, nr 162, poz. 1568. *Data wejścia w życie: 2003.11.17*)

6. Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (Dz.U. 2001, nr 115, poz. 1229. Data wejścia w życie: 2002.01.01)

Akty zmieniające:

- Ustawa z dnia 21 grudnia 2001 r. o zmianie ustawy – *Prawo wodne* (Dz.U. 2001, nr 154, poz. 1803. *Data wejścia w życie: 001.12.31*)
- Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze (Dz.U. 2002, nr 130, poz. 1112. *Data wejścia w życie: 2002.11.17*)

- Ustawa z dnia 20 czerwca 2002 r. o bezpośrednim wyborze wójta, burmistrza i prezydenta miasta (Dz.U. 2002, nr 113, poz. 984. *Data wejścia w życie: 2002.08.04*)
- Ustawa z dnia 23 listopada 2002 r. o zmianie ustawy – *Prawo ochrony środowiska i ustawy – Prawo wodne* (Dz.U. 2002, nr 233, poz. 1957. *Data wejścia w życie: 2003.01.12*)
- Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. 2003, nr 80, poz. 717. *Data wejścia w życie: 2003.07.11*)
- Ustawa z dnia 29 sierpnia 2003 r. o zmianie ustawy – *Prawo wodne* (Dz.U. 2003, nr 165, poz. 1592. *Data wejścia w życie: 2003.09.19*)
- Ustawa z dnia 3 października 2003 r. o zmianie ustawy – *Prawo ochrony środowiska* o niektórych innych ustaw (Dz.U. 2003, nr 190, poz. 1865. *Data wejścia w życie: 2003.12.08*)

Akty wykonawcze:

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 marca 2002 r. w sprawie należności za korzystanie ze śródlądowych dróg wodnych oraz urządzeń wodnych (Dz.U. 2002, nr 55, poz. 494. *Data wejścia w życie: 2002.05.22*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 października 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać morskie wody wewnętrzne i wody przybrzeżne będące środowiskiem życia skorupiaków i mięczaków (Dz.U. 2002, nr 176, poz. 1454. *Data wejścia w życie: 2002.11.07*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 października 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych (Dz.U. 2002, nr 176, poz. 1455. *Data wejścia w życie: 2002.11.07*)
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 października 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda w kąpieliskach (Dz.U. 2002, nr 183, poz. 1530. *Data wejścia w życie: 2002.11.20*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 listopada 2002 r. w sprawie metodyk referencyjnych badania stopnia biodegradacji substancji powierzchniowoczynnych zawartych w produktach, których stosowanie może mieć wpływ na jakość wód (Dz.U. 2002, nr 196, poz. 1658. *Data wejścia w życie: 2002.12.11*)
- Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 6 listopada 2002 r. w sprawie stawek należności za korzystanie ze śródlądowych dróg wodnych oraz urządzeń wodnych w 2003 r. (M.P. 2002, nr 57, poz. 785)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia (Dz.U. 2002, nr 204, poz. 1728. *Data wejścia w życie: 2002.12.24*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 grudnia 2002 r. w sprawie śródlądowych dróg wodnych (Dz.U. 2002, nr 210, poz. 1786. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. 2002, nr 212, poz. 1799. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 grudnia 2002 r. w sprawie przebiegu granic obszarów dorzeczy, przyporządkowania zbiorników wód podziemnych do właściwych obszarów dorzeczy, utworzenia regionalnych zarządów gospodarki wodnej oraz podziału obszarów dorzeczy na regiony wodne (Dz.U. 2002, nr 232, poz. 1953. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie granic między śródlądowymi wodami powierzchniowymi a morskimi wodami wewnętrznymi i wodami morza terytorialnego (Dz.U. 2002, nr 239, poz. 2035. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie wysokości opłat rocznych za oddanie w użytkowanie gruntów pokrytych wodami (Dz.U. 2002, nr 239, poz. 2036. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych (Dz.U. 2002, nr 241, poz. 2093. *Data wejścia w życie: 2002.12.31*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie szczególnych wymagań, jakim powinny odpowiadać programy działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych (Dz.U. 2003, nr 4, poz. 44. *Data wejścia w życie: 2003.01.31*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2002 r. w sprawie śródlądowych wód powierzchniowych lub części stanowiących własność publiczną (Dz.U. 2003, nr 16, poz. 149. *Data wejścia w życie: 2003.02.19*)
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 12 lutego 2003 r. w sprawie konkursu ofert na oddanie w użytkowanie obwodu rybackiego (Dz.U. 2003, nr 34, poz. 290. *Data wejścia w życie: 2003.03.30*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 31 stycznia 2003 r. w sprawie dopuszczalnych mas substancji, które mogą być odprowadzane w ściekach przemysłowych (Dz.U. 2003, nr 35, poz. 309. *Data wejścia w życie: 2003.03.15*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 11 lutego 2003 r. w sprawie warunków i trybu ustalania wysokości oraz poboru opłaty melioracyjnej (Dz.U. 2003, nr 41, poz. 345. *Data wejścia w życie: 2003.03.25*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 czerwca 2003 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wysokości opłat rocznych za oddanie w użytkowanie gruntów pokrytych wodami (Dz.U. 2003, nr 120, poz. 1124. *Data wejścia w życie: 2003.07.25*)
- Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 27 października 2003 r. w sprawie stawek należności za korzystanie ze śródlądowych dróg wodnych oraz urządzeń wodnych w 2004 r. (M.P. 2003, nr 51, poz. 806)

7. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (Dz.U. 2001, nr 3, poz. 18. Data wejścia w życie: 2002.01.01)

Akty zmieniające:

- Ustawa z dnia 27 lipca 2001 r. o wprowadzeniu ustawy – *Prawo ochrony środowiska*, ustawy o odpadach oraz o zmianie niektórych ustaw (Dz.U. 2001, nr 100, poz. 1085. *Data wejścia w życie: 2001.10.01*)
- Ustawa z dnia 21 grudnia 2001 r. o zmianie ustawy o organizacji i trybie pracy Rady Ministrów oraz o zakresie działania ministrów, ustawy o działach administracji rządowej oraz o zmianie niektórych ustaw (Dz.U. 2001, nr 154, poz. 1800. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Ustawa z dnia 24 maja 2002 r. o Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego oraz Agencji Wywiadu (Dz.U. 2002, nr 74, poz. 676. *Data wejścia w życie: 2002.06.29*)
- Ustawa z dnia 24 lipca 2002 r. o zmianie ustawy o warunkach zdrowotnych żywności i żywienia oraz innych ustaw (Dz.U. 2002, nr 135, poz. 114. *Data wejścia w życie: 2002.09.12*)
- Ustawa z dnia 28 lutego 2003 r. Prawo upadłościowe i naprawcze (Dz.U. 2003, nr 60, poz. 535. *Data wejścia w życie: 2003.10.01*)
- Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. 2003, nr 80, poz. 717. *Data wejścia w życie: 2003.07.11*)
- Ustawa z dnia 22 maja 2003 r. o ubezpieczeniach obowiązkowych, Ubezpieczeniowym Funduszu Gwarancyjnym i Polskim Biurze Ubezpieczycieli Komunikacyjnych (Dz.U. 2003, nr 124, poz. 1152. *Data wejścia w życie: 2004.01.01*)

Akty wykonawcze:

- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 31 lipca 2001 r. w sprawie materiałów jądrowych podlegających ewidencji (Dz.U. 2001, nr 87, poz. 955. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 31 lipca 2001 r. w sprawie ochrony fizycznej materiałów jądrowych (Dz.U. 2001, nr 90, poz. 997. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 7 grudnia 2001 r. w sprawie nadania statutu Państwowej Agencji Atomistyki (Dz.U. 2001, nr 140, poz. 1576. *Data wejścia w życie: 2001.12.26*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2001 r. w sprawie dotacji celowej przeznaczonej na dofinansowanie działalności zapewniającej bezpieczeństwo jądrowe i ochronę radiologiczną kraju (Dz.U. 2001, nr 145, poz. 1626. *Data wejścia w życie: 2002.01.01*)
- Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2001 r. w sprawie składu oraz zakresu i trybu działania Rady do Spraw Atomistyki (Dz.U. 2001, nr 153, poz. 1749. *Data wejścia w życie: 2002.01.12*)

- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 28 maja 2002 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz.U. 2002, nr 111, poz. 969. *Data wejścia w życie: 2002.08.02*).
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 6 sierpnia 2002 r. w sprawie podstawowych wymagań dotyczących terenów kontrolowanych i nadzorowanych (Dz.U. 2002, nr 138, poz. 1161. *Data wejścia w życie: 2002.12.01*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 6 sierpnia 2002 r. w sprawie przypadków, w których działalność związana z narażeniem na promieniowanie jonizujące nie podlega obowiązkowi uzyskania zezwolenia albo zgłoszenia, oraz przypadków, w których może być wykonywana na podstawie zgłoszenia (Dz.U. 2002, nr 137, poz. 1153. *Data wejścia w życie: 2002.09.13*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 6 sierpnia 2002 r. w sprawie inspektorów dozoru jądrowego (Dz.U. 2002, nr 137, poz. 1154. *Data wejścia w życie: 2002.09.13*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 6 sierpnia 2002 r. w sprawie rodzajów stanowisk mających istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, szczegółowych warunków i trybu nadawania uprawnień dla osób, które mogą być zatrudnione na tych stanowiskach, oraz szczegółowych warunków i trybu nadawania uprawnień inspektora ochrony radiologicznej (Dz.U. 2002, nr 145, poz. 1217. *Data wejścia w życie: 2002.12.11*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 6 sierpnia 2002 r. w sprawie wartości poziomów interwencyjnych oraz poziomu zawartości substancji promieniotwórczych w skażonych w wyniku zdarzenia radiacyjnego żywności, wodzie pitnej i paszach (Dz.U. 2002, nr 145, poz. 1218. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 września 2002 r. w sprawie rozliczania dotacji podmiotowej, pobierania opłat oraz prowadzenia gospodarki finansowej przedsiębiorstwa państwowego użyteczności publicznej – „Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych” (Dz.U. 2002, nr 163, poz. 1344. *Data wejścia w życie: 2002.10.18*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 listopada 2002 r. w sprawie ochrony przed promieniowaniem jonizującym pracowników zewnętrznych narażonych podczas pracy na terenie kontrolowanym (Dz.U. 2002, nr 201, poz. 1693. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 listopada 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących rejestracji dawek indywidualnych (Dz.U. 2002, nr 207, poz. 1753. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 listopada 2002 r. w sprawie warunków przywozu na polski obszar celny, wywozu z polskiego obszaru celnego oraz tranzytu przez ten obszar materiałów jądrowych, źródeł promieniotwórczych i urządzeń zawierających takie źródła (Dz.U. 2002, nr 207, poz. 1754. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 listopada 2002 r. w sprawie udzielania zgody na przywóz na polski obszar celny, wywóz z polskiego obszaru celnego i tranzyt przez

- ten obszar odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz.U. 2002, nr 215, poz. 1817. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie, oraz kontroli zawartości tych izotopów (Dz.U. 2002, nr 220, poz. 1850. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2002 r. w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku o wydanie zezwolenia na wykonywanie działalności związanej z narażeniem na działanie promieniowania jonizującego albo przy zgłoszeniu wykonywania tej działalności (Dz.U. 2002, nr 220, poz. 1851. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2002 r. w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz.U. 2002, nr 230, poz. 1925. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2002 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego (Dz.U. 2002, nr 239, poz. 2029. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2002 r. w sprawie stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych i placówek prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych (Dz.U. 2002, nr 239, poz. 2030. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Rady ministrów z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących sprzętu dozymetrycznego (Dz.U. 2002, nr 239, poz. 2032. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie planów postępowania awaryjnego w przypadku zdarzeń radiacyjnych (Dz.U. 2002, nr 239, poz. 2033. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 grudnia 2002 r. w sprawie szczegółowych zasad tworzenia obszaru ograniczonego użytkowania wokół obiektu jądrowego ze wskazaniem ograniczeń w jego użytkowaniu (Dz.U. 2002, nr 241, poz. 2094. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 24 grudnia 2002 r. w sprawie warunków stosowania promieniowania jonizującego w celach medycznych oraz sposobu wykonywania kontroli wewnętrznej nad przestrzeganiem tych warunków (Dz.U. 2002, nr 241, poz. 2098. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 20 lutego 2003 r. w sprawie sposobu sprawowania nadzoru i przeprowadzania kontroli w Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego i Agencji Wywiadu przez organy dozoru jądrowego (Dz.U. 2003, nr 38, poz. 330. *Data wejścia w życie: 2003.03.21*)
- Komunikat Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki z dnia 15 kwietnia 2003 r. w sprawie sytuacji radiacyjnej kraju w I kwartale 2003 r. (M.P. 2003, nr 20, poz. 311)

- Komunikat Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki z dnia 16 lipca 2003 r. w sprawie sytuacji radiacyjnej kraju w II kwartale 2003 r. (M.P. 2003, nr 38, poz. 564)
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 20 sierpnia 2003 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wartości poziomów interwencyjnych oraz poziomu zawartości substancji promieniotwórczych w skażonych w wyniku zdarzenia radiacyjnego żywności, wodzie pitnej i paszach (Dz.U. 2003, nr 151, poz. 1463. *Data wejścia w życie: 2003.09.06*)
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 11 września 2003 r. w sprawie określenia organu właściwego do nadawania uprawnień inspektora ochrony radiologicznej w pracowniach rentgenowskich stosujących aparaty rentgenowskie o energii promieniowania do 300 keV w celach medycznych (Dz.U. 2003, nr 173, poz. 1680. *Data wejścia w życie: 2003.10.21*)
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 11 września 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z aparatami rentgenowskimi o energii promieniowania do 300 keV stosowanymi w celach medycznych (Dz.U. 2003, nr 173, poz. 1681. *Data wejścia w życie: 2003.11.06*)
- Komunikat Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki z dnia 23 października 2003 r. w sprawie sytuacji radiacyjnej kraju w III kwartale 2003 r. (M.P. 2003, nr 50, poz. 788)
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 października 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków i trybu nadawania uprawnień inspektora ochrony radiologicznej w pracowniach rentgenowskich stosujących aparaty rentgenowskie o energii promieniowania do 300 keV w celach medycznych (Dz.U. 2003, nr 188, poz. 1847. *Data wejścia w życie: 2003.11.13*)

8. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 12 lutego 1990 r. w sprawie ochrony powietrza przed zanieczyszczeniem (Dz.U. 1990 nr 15 poz. 92. Data wejścia w życie: 1990.03.28)

- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 sierpnia 1998 r. w sprawie ewidencji i rejestru wykazów zanieczyszczeń wprowadzonych do powietrza (Dz.U. 1998, nr 102, poz. 647. *Data wejścia w życie: 1998.08.22*)
- Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 18 września 1998 r. w sprawie szczegółowych zasad ustalania dopuszczalnych do wprowadzania do powietrza rodzajów i ilości substancji zanieczyszczających oraz wymagań, jakim powinna odpowiadać dokumentacja niezbędna do wydania decyzji ustalającej rodzaje i ilości substancji zanieczyszczających dopuszczonych do wprowadzania do powietrza (Dz.U. 1998, nr 124, poz. 819. *Data wejścia w życie: 1998.10.15*)
- 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 (Dz.U. 2002, nr 87, poz. 796. *Data wejścia w życie: 2002.07.12*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 lipca 2002 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać programy ochrony powietrza (Dz.U. 2002, nr 115, poz. 1003. *Data wejścia w życie: 2002.08.08*)

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 listopada 2002 r. w sprawie zakresu i sposobu przekazywania informacji dotyczących zanieczyszczenia powietrza (Dz.U. 2002, nr 204, poz. 1727. *Data wejścia w życie: 2003.01.01*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 czerwca 2002 r. w sprawie oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz.U. 2002, nr 87, poz. 798. *Data wejścia w życie: 2002.07.12*)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 grudnia 2002 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz.U. 2003, nr 1, poz. 12. *Data wejścia w życie: 2003.02.01*)

9. Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. 2003, nr 80, poz. 717. *Data wejścia w życie: 2003.07.11*)

Akty wykonawcze:

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 26 sierpnia 2003 r. w sprawie wymaganego zakresu projektu miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego (Dz.U. 2003, nr 164, poz. 1587. *Data wejścia w życie: 2003.09.27*)
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 26 sierpnia 2003 r. w sprawie sposobu ustalania wymagań dotyczących nowej zabudowy i zagospodarowania terenu w przypadku braku miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego (Dz.U. 2003, nr 164, poz. 1588. *Data wejścia w życie: 2003.09.27*)
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 26 sierpnia 2003 r. w sprawie oznaczeń i nazewnictwa stosowanych w decyzji o ustaleniu lokalizacji inwestycji celu publicznego oraz w decyzji o warunkach zabudowy (Dz.U. 2003, nr 164, poz. 1589. *Data wejścia w życie: 2003.09.27*)

10. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz.U. 1994, nr 89, poz. 414. *Data wejścia w życie: 1995.01.01*)

Akty zmieniające:

- Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o zmianie ustawy – *Prawo budowlane* oraz o zmianie niektórych ustaw (Dz.U. 2003, nr 80, poz. 718. 2003.07.11)

Akty wykonawcze:

- Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 21 listopada 2003 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – *Prawo budowlane* (Dz.U. 2003, nr 207, poz. 2016)

7.2. Akty prawne Unii Europejskiej

(wybrane Dyrektywy, Decyzje i Rozporządzenia odnoszące się do działu „Środowisko” transponowane i nietransponowane do polskiego systemu prawnego)

1. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2001 r. w sprawie krajowych górnych pułapów emisji niektórych związków zanieczyszczających atmosferę (81/EC)
2. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 czerwca 2001 r. w sprawie oceny wpływu pewnych planów i programów na stan środowiska (42/EC)
3. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 czerwca 2000 r. w sprawie substancji zubażających warstwę ozonową (2037/EC. Zmieniona przez: 2000/2038/EC; 2000/2039/EC)
4. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 lipca 2000 r. w sprawie Finansowego Instrumentu na Rzecz Środowiska (1655/EC)
5. Decyzja Komisji w sprawie sporządzenia wykazu odpadów niebezpiecznych (2000/532/EC. Zmieniona przez: 2001/118/EC; 2001/119/EC; 2001/573/EC)
6. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 4 grudnia 2000 r. w sprawie spalania odpadów (76/EC)
7. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. w sprawie ustalenia ram dla Unijnych działań w zakresie polityki gospodarki wodnej (60/EC. Zmieniona przez: Decyzja 2001/2455)
8. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie zużytych pojazdów (53/EC)
9. Rozporządzenie Komisji z dnia 21 października 1999 r. określające pewne szczegółowe zasady stosowania Rozporządzenia 3528/86/EEC w sprawie ochrony lasów UE przed zanieczyszczeniem powietrza (2278/EC)
10. Rozporządzenie Rady określające szczegółowe zasady stosowania Rozporządzenia 1992/2158/EEC w sprawie lasów UE przed zagrożeniem pożarowym (1999/1727/EC)
11. Decyzja Rady z dnia 9 grudnia 1999 r. w sprawie ustalenia Unijnego programu działań w dziedzinie obrony cywilnej (847/EC)
12. Dyrektywa Rady z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowisk odpadów (31/EC)
13. Dyrektywa Rady z dnia 22 kwietnia 1999 r. w sprawie ograniczenia zawartości dwutlenku siarki, dwutlenku azotu i tlenków azotu, cząstek stałych i ołowiu w otaczającym powietrzu (30/EC)
14. Dyrektywa Rady z dnia 29 marca 1999 r. w sprawie chowu i hodowli dzikich zwierząt w ogrodach zoologicznych (22/EC)
15. Dyrektywa Rady z dnia 1998 r. w sprawie jakości wody pitnej (83/EC)

16. Rozporządzenie Rady w sprawie ochrony dzikich roślin i zwierząt poprzez uregulowania handlu nimi oraz dalsze poprawki (338/EC. Zmieniona przez: 1997/938/EC; 1997/939/EC; 1997/2307/EC; 1998/2214/EC; 1999/1476/EC; 2000/2724/EC; 2001/1579/EC; 2001/2476/EC)
17. Decyzja Komisji 96/350/EC w sprawie przyjęcia Aneksów do Dyrektywy Rady 75/442 w sprawie odpadów (350/EC. Zmieniona przez: Decyzja 1998/433/EC)
18. Dyrektywa Rady z dnia 9 grudnia 1996 r. w sprawie kontroli zagrożeń wypadków z użyciem substancji niebezpiecznych (82/EC. Zmieniona przez: Decyzja 1998/433/EC)
19. Dyrektywa Rady z dnia 27 września 1996 r. w sprawie oceny i zarządzania jakością otaczającego powietrza (62/EC)
20. Dyrektywa Rady z 1996 r. w sprawie zintegrowanego zapobiegania i kontroli zanieczyszczeń (61/EC)
21. Rozporządzenie Komisji z 1994 r. w sprawie określenia pewnych przepisów do stosowania Rozporządzenia Rady 1992/2158/EEC w sprawie systemu informacji na temat zagrożenia pożarowego lasów (804/EC)
22. Decyzja Rady z dnia 24 czerwca 1993 r. w sprawie Unijnego mechanizmu monitorowania emisji CO₂ oraz innych gazów powodujących efekt cieplarniany (389/EC. Zmieniona przez 1999/296/EC)
23. Rozporządzenie Rady z dnia 1 lutego 1999 r. w sprawie nadzoru i kontroli nad transportem odpadów na obszarze, do oraz z Unii Europejskiej (259/EC. Zmieniona przez sprawę: C-1993/187; C-1994/304; C-1996/192; C-1996/203)
24. Rozporządzenie Rady z 1992 r. w sprawie ochrony lasów Unii Europejskiej przed zagrożeniem pożarowym (2158/EC. Zmieniona przez: 1994/804/EC; 1997/308/EC; 1999/1727/EC; 2001/1485/EC)
25. Dyrektywa Rady 92/112/EEC w sprawie procedur harmonizacji programów ograniczenia i ewentualnej eliminacji zanieczyszczenia spowodowanego przez odpady z przemysłu wykorzystującego dwutlenek tytanu (112/EC)
26. Dyrektywa Rady z dnia 21 września 1992 r. w sprawie zanieczyszczenia powietrza ozonem (72/EEC)
27. Dyrektywa Rady z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikich roślin i zwierząt (43/EEC. Zmieniona przez sprawę: C-1996/329; C-1997/83; C-1998/256)
28. Dyrektywa Rady z dnia 12 grudnia 1991 r. w sprawie odpadów niebezpiecznych (689/EEC. Zmieniona przez sprawę: C-1994/304)
29. Dyrektywa Rady z dnia 12 grudnia 1991 r. w sprawie ochrony wód przez zanieczyszczeniem azotanami w wyniku działalności rolniczej (676/EEC. Zmieniona przez sprawę: C-1997/71; C-1997/195; C-1997/293)
30. Dyrektywa Rady z dnia 21 maja 1991 r. w sprawie oczyszczania ścieków (271/EEC. Zmieniona przez: C-1995/161; C-1995/297; C-1995/302)

31. Dyrektywa Rady w sprawie baterii i akumulatorów zawierających pewne niebezpieczne substancje (157/EC. Zmieniona przez sprawę: C-1995/303; C-1996/236; C-1996/282; C-1997/298; C-1997/347; C-1998/178; C-1998/215)
32. Dyrektywa Rady z dnia 7 czerwca 1990 r. w sprawie swobodnego dostępu do informacji na temat stanu środowiska (313/EEC. Zmieniona przez sprawę: C-1996/321; C-1997/217)
33. Dyrektywa Rady z dnia 27 listopada 1989 r. w sprawie informowania o stosowaniu odpowiednich środków ochrony zdrowia i podejmowania odpowiednich działań w przypadku zagrożenia radiologicznego (618/Euratom. Zmieniona przez sprawę: C-1994/135)
34. Dyrektywa Rady z dnia 19 marca 1987 r. w sprawie zapobiegania i ograniczenia zanieczyszczenia środowiska azbestem (217/EEC. Zmieniona przez: 1991/692/EEC)
35. Rozporządzenie Rady z dnia 17 listopada 1986 r. w sprawie ochrony lasów na terenie Unii Europejskiej przed zanieczyszczeniem atmosferycznym (3528/EEC. Zmieniona przez: 1987/526/EEC; 1989/1613/EEC; 1992/2157/EEC; 1994/1091/EEC; 1997/307/EEC; 2001/1484/EEC)
36. Dyrektywa Rady z dnia 12 czerwca 1986 r. w sprawie ochrony środowiska, a w szczególności gleby, podczas wykorzystywania osadów ściekowych w rolnictwie (278/EEC. Zmieniona przez sprawę: C-1993/260)
37. Dyrektywa Rady z dnia 27 czerwca 1985 r. w sprawie oceny wpływu pewnych projektów prywatnych i publicznych na stan środowiska (227/EEC. Zmieniona przez sprawę: C-1992/396; C-1992/431; C-1993/313; C-1994/133; C-1995/72; C-1995/301; C-1996/81; C-1996/392; C-1997/150; C-1997/435)
38. Dyrektywa Rady z dnia 7 marca 1985 r. w sprawie norm jakości powietrza w odniesieniu do zawartości dwutlenku azotu (203/EEC. Zmieniona przez: 1985/580/EEC; 1991/692/EEC; 194NN01/08/B. Uchylona przez 1999/30/EC (koniec okresu obowiązywania 31/12/09). Zmieniona przez sprawę: C-1990/14; C-1991/186)
39. Dyrektywa Rady z dnia 28 czerwca 1984 r. w sprawie zwalczania zanieczyszczenia powietrza w wyniku działalności przemysłowej (360/EEC. Zmieniona przez: 1990/360/EEC; 1991/692/EEC)
40. Dyrektywa Rady z dnia 17 grudnia 1979 r. w sprawie ochrony wód gruntowych przed zanieczyszczeniem w wyniku wprowadzania pewnych niebezpiecznych substancji (1980/68/EEC. Zmieniona przez: 1991/692/EEC. Uchylona przez 2000/0060/EC (koniec okresu obowiązywania 21/12/2013). Zmieniona przez sprawę: C-1984/291; C-1986/1; C-1987/360; C-1988/131; C-1991/174)
41. Dyrektywa Rady z dnia 9 października 1979 r. w sprawie metod pomiarów, częstotliwości pobierania próbek i analizy wód powierzchniowych przeznaczonych do czerpania wody pitnej w Państwach Członkowskich (869/EEC. Poprawka do 1975/440/EEC. Zmieniona przez 1981/855/EEC; 185IN01/10; 1991/692/EEC;

- 194NN01/08/A. Uchylona przez 2000/60 (*data końca ważności 21/12/2007*). Zmieniona przez sprawę: C-1989/58; C-1989/290; C-1997/229)
42. Dyrektywa Rady z dnia 2 kwietnia 1979 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa (409/EEC. Zmieniona przez: 179HN01/13; 1981/854/EEC; 185IN01/10; 1985/411/EEC; 1986/122/EEC; 1991/224/EEC; 194NN01/08/E; 1994/24/EC; 1997/49. Zmieniona przez sprawę: C-1985/236; C-1985/247; C-1985/252; C-1985/262; C-1985/412; C-1987/339; C-1988/288; C-1989/57; C-1989/157; C-1989/169; C-1989/334; C-1990/355; C-1991/75; C-1992/345; C-1992/435; C-1994/118; C-1994/149; C-1994/202; C-1995/044; C-1996/3; C-1996/10; C-1997/166; C-1998/96)
43. Dyrektywa Rady z dnia 18 lipca 1978 r. w sprawie ochrony lub poprawy jakości wód słodkich będących środowiskiem życia ryb (659/EEC. Zmieniona przez: 179HN01/13; 185IN01/10; 1991/692/EEC; 194NN01/08/A. Uchylona przez 2000/60 (*koniec okresu obowiązywania 21/12/2013*). Zmieniona przez sprawę: C-1986/14; C-1986/322; C-1993/291; C-1995/298).
44. Dyrektywa Rady z dnia 4 maja 1976 r. w sprawie zanieczyszczenia spowodowanego pewnymi niebezpiecznymi substancjami odprowadzanymi do środowiska wodnego Unii Europejskiej (464/EEC. Zmieniona przez: 1991/692/EEC. Uchylona przez: 2000/60 (*koniec okresu obowiązywania 21/12/2013*). Zmieniona przez sprawę: C-1995/168; C-1995/232; C-1996/206; C-1996/214; C-1996/285; C-1997/184; C-1997/207; C-1997/231; C-1997/232)
45. Dyrektywa Rady z dnia 22 marca 1982 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów oraz założeń jakościowych dla ścieków zawierających rtęć z przemysłu wykorzystującego elektrolizę do produkcji chloranów alkalicznych (176/EEC. Zmieniona przez: 1991/692/EEC. Zmieniona przez sprawę: C-1995/262)
46. Dyrektywa Rady z dnia 26 września 1983 r. w sprawie dopuszczalnych zawartości oraz założeń jakościowych dla ścieków zawierających kadm (513/EEC. Zmieniona przez: 1991/692/EEC. Zmieniona przez sprawę: C-1989/70; C-1995/168; C-1995/262)
47. Dyrektywa Rady z dnia 8 marca 1984 r. w sprawie dopuszczalnych zawartości i założeń jakościowych dla ścieków zawierających rtęć powstałych w wyniku działalności innych zakładów przemysłowych, w których nie wykorzystuje się elektrolizy do produkcji chloranów alkalicznych (156/EEC. Zmieniona przez: 1991/692/EEC. Zmieniona przez sprawę: C-1995/262; C-1997/173; C-1997/208)
48. Dyrektywa Rady z dnia 9 października 1984 r. w sprawie dopuszczalnych zawartości oraz założeń jakościowych dla ścieków zawierających sześciochlorocykloheksan (491/EEC. Zmieniona przez: 1991/692/EEC. Zmieniona przez sprawę: C-1995/262)
49. Dyrektywa Rady z dnia 12 czerwca 1986 r. w sprawie dopuszczalnych zawartości i założeń jakościowych dla ścieków zawierających pewne niebezpieczne

- substancje wymienione w Wykazie I zawartym w Załączniku do Dyrektywy 1976/464/EEC (Zmieniona przez: 1988/347/EEC; 1990/415/EEC; 1991/692/EEC. Zmieniona przez sprawę: C-1995/262; C-1997/213; C-1997/232)
50. Dyrektywa Rady z 1979 r. w sprawie wymaganej jakości wód będących środowiskiem życia skorupiaków (923/EC. Zmieniona przez: 1991/692/EC. Uchylona przez: 2000/60/EC (od dnia 22/12/2013). Zmieniona przez sprawę: C-1995/298; C-1996/225)
51. Dyrektywa Rady z 1978 r. w sprawie odpadów powstałych w procesie otrzymywania dwutlenku tytanu (176/EC. Zmieniona przez: 1982/883/EEC; 1983/29/EEC; 1991/692/EEC. Zmieniona przez sprawę: C-1981/68; C-1981/227)
52. Dyrektywa Rady z dnia 8 grudnia 1975 r. w sprawie jakości wody do celów kąpielowych (1976/160/EEC. Zmieniona przez: 179HN01/13; 185IN01/10; 1991/692/EEC; 194NN01/08/A. Zmieniona przez sprawę: C-1981/30; C-1981/72; C-1981/96; C-1990/56; C-1996/92; C-1997/198)
53. Dyrektywa Rady z dnia 15 lipca 1975 r. w sprawie odpadów (442/EEC. Zmieniona przez: 1991/156/EEC; 1991/692/EEC; 1996/350/EC. Zmieniona przez sprawę: C-1981/30; C-1981/69; C-1985/227; C-1985/372; C-1987/380; C-1988/206; C-1988/359; C-1989/48; C-1989/162; C-1990/2; C-1990/33; C-1991/45; C-1992/236; C-1992/422; C-1994/304; C-1996/129; C-1996/192; C-1996/203; C-1997/365; C-1998/175)
54. Dyrektywa Rady z dnia 16 czerwca 1975 r. w sprawie jakości wody powierzchniowej przeznaczonej do czerpania wody pitnej w Państwach Członkowskich (440/EEC. Zmieniona przez: 1979/869/EEC; 1991/692/EEC. Uchylona przez 2000/60 (*koniec obowiązywania 21/12/2007*). Zmieniona przez sprawę: C-1981/30; C-1981/73; C-1981/97; C-1989/58; C-1989/290; C-1997/214)
55. Dyrektywa Rady z 1975 r. w sprawie usuwania olejów odpadowych (439/EC. Zmieniona przez: 1987/101/EEC; 1983/29/EEC; 1991/692/EEC; 2000/76/EC (Częściowo uchylona od 28/12/2005). Zmieniona przez sprawę: C-1981/30; C-1981/70; C-1982/172; C-1982/295; C-1983/240; C-1985/227; C-1989/336; C-1992/37; C-1997/102)

Część II

Biosfera – moje i twoje siedlisko

Era ekologiczna zmienia podejście do Ziemi. Ziemię mamy traktować jako istotę zapewniającą nam dom dla naszego bytowania. Zwraca się uwagę na współzależności łączące nasze życie z rytmem planety, zgodnym z prawami funkcjonowania wszechświata.

Kozłowski Stefan, 2000

Rozdział 1 ATMOSFERA

Atmosfera jest gazową powłoką otaczającą powierzchnię Ziemi. Wraz z Ziemią bierze udział w ruchu obrotowym wokół osi Ziemi i wokół Słońca. Składa się z kilku warstw, które różnią się między sobą gęstością, temperaturą, ciśnieniem i składem chemicznym. Przeciętny skład atmosfery ilustruje Tabela 1. Skład ten pozwala na rozwój życia na Ziemi i jego ewolucję. Wynika stąd wniosek: skład atmosfery i życie na ziemi wzajemnie na siebie oddziałują.

Parametry charakteryzujące atmosferę zmieniają się wraz z wysokością jej warstw. Masę atmosfery ziemskiej ocenia się na około $5,15 \cdot 10^{18}$ kg. Z ogólnej masy prawie 50% całej masy atmosfery koncentruje się w dolnych powierzchniach do około 5 km od powierzchni Ziemi; trzy czwarte – w dalszych dziesięciu kilometrach; dziewięć dziesiątych – w dalszych dwudziestu kilometrach; 10^{-6} części masy atmosfery znajduje się powyżej 100 km od powierzchni Ziemi (Chromow, 1977). Literatura fachowa sugeruje istnienie atmosfery do wysokości powyżej 20 000 km.

Tabela 1. Przeciętny skład powietrza atmosferycznego (Zarzycki, 2002)

Składniki powietrza	Udział objętościowy
AzotN ₂	78,08
TlenO ₂	20,95
ArgonAr	0,93
Woda/para wodnaH ₂ O	0,02 ÷ 0,04
Dwutlenek węglaCO ₂	0,03
NeonNe	0,0018
HelHe	0,00052
MetanCH ₄	0,00014
KryptonKr	0,00011
WodórH ₂	0,00005
OzonO ₃	0,00005
Podtlenek azotuN ₂ O	0,00002
KsenonXe	0,0000087
Tlenek węglaCO	do 0,00002
Dwutlenek siarkiSO ₂	do 0,000003
AmoniakNH ₃	do 0,000001
Dwutlenek azotuNO ₂	do 0,0000005
SiarkowodórH ₂ S	do 0,00000006

Powierzchnię Ziemi otacza **aerosfera** – ta część atmosfery i litosfery, która zamieszkiwana jest przez ludzi.

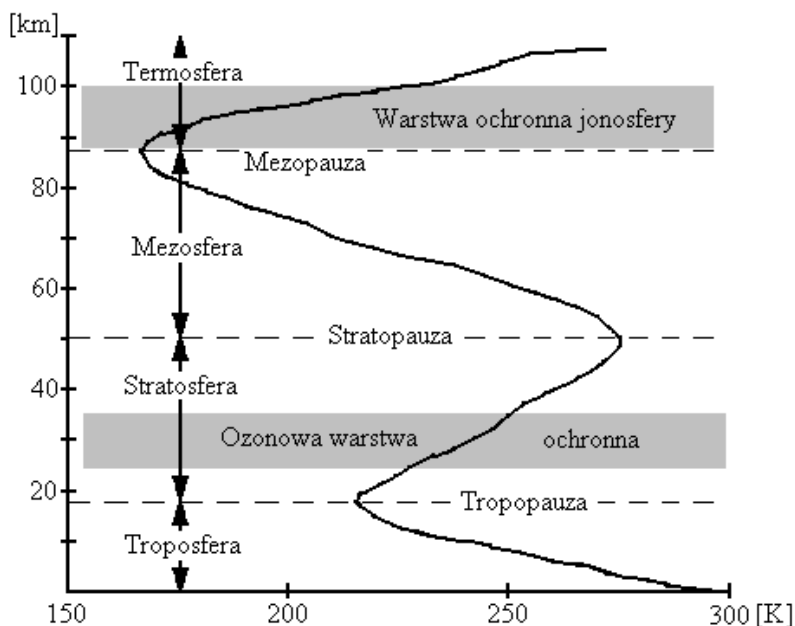
1.1. Budowa atmosfery

Zmiana właściwości fizycznych i chemicznych atmosfery wraz ze wzrostem wysokości stanowi podstawę jej podziału na koncentryczne warstwy – bez wyróżnienia zaznaczonych granic. Ogólną budowę atmosfery ilustruje Schemat 1. Za podstawę podziału atmosfery przyjmuje się zmianę temperatury atmosfery wraz ze zmianą wysokości.

Najniższa część atmosfery, od powierzchni Ziemi do wysokości około $10 \div 15$ km nazywa się **troposferą**. Koncentruje ona około $4/5$ całej masy powietrza atmosferycznego, prawie całą parę wodną atmosfery, tutaj też powstają wszystkie chmury. Grubość troposfery zależy od szerokości geograficznej i pory roku. Nad biegunami osiąga średnio $9 \div 10$ km, nad umiarkowanymi szerokościami $10 \div 12$ km, a nad równikiem około $15 \div 17$ km.

Cechą charakterystyczną troposfery jest spadek temperatury wraz ze wzrostem wysokości przeciętnie o 1 K na każde 100 m (lub 9,76 K/km) – określany jako **adiabatywny pionowy gradient temperatury** mas suchego powietrza. Zmiana temperatury mas powietrza wywołuje silne ich turbulencje przy powierzchni Ziemi.

Średnia roczna temperatura powietrza przy powierzchni Ziemi wynosi na równiku około 26°C , na biegunie północnym około minus 23°C . Natomiast na górnej gra-



Schemat 1. Budowa atmosfery ziemskiej (Zarzycki, 2002)

nicy troposfery temperatura ta równa się: nad równikiem minus 70°C; nad biegunem północnym w zimie około minus 65°C; a latem minus 45°C (Staszewski, 1999).

Ciśnienie atmosferyczne zmniejsza się wraz z wysokością i na górnej granicy troposfery jest około 5 ÷ 8 razy mniejsze niż przy powierzchni Ziemi.

Bezpośrednio nad troposferą znajduje się druga warstwa atmosfery **stratosfera**. Granica oddzielająca troposferę od stratosfery nosi nazwę **tropopauzy**.

Stratosfera sięga do wysokości około 50 ÷ 55 km. Cechą charakterystyczną tej warstwy jest wzrost temperatury wraz ze wzrostem wysokości. Temperatura powietrza w dolnej części stratosfery, tzw. izotermicznej, jest zbliżona do temperatury panującej w górnej troposferze. Wzrost temperatury następuje od wysokości około 25 km i na wysokości około 50 km osiąga maksymalną wartość od plus 10 do plus 30°C. Wzrost temperatury wraz z wysokością powoduje obniżenie turbulencji mas powietrza atmosferycznego. Stratosfera zawiera niewielką ilość pary wodnej oraz zwiększoną ilość ozonu, którego maksimum koncentruje się na wysokości około 25 ÷ 30 km. Ozon tworzy warstwę ochronną wokół Ziemi zwaną **ozonosferą**.

Troposfera i część stratosfery – do wysokości około 22 km – nazywana jest **aerosferą**. Aerosfera otacza powierzchnię Ziemi i jest tą częścią atmosfery i litosfery, która zamieszkiwana jest przez ludzi. Pełni ona szczególną rolę *polegającą na umożliwieniu rozwoju życia poprzez osłonę przed ucieczką ciepła w przestrzeń kosmiczną oraz przed jonizującym promieniowaniem kosmicznym i słonecznym. (...) jest zarazem jednym z elementów cyklu biogeochemicznego obiegu substancji w biosferze* (Zarzycki, 2002).

Nad stratosferą leży trzecia warstwa atmosfery – **mezosfera** – osiągająca wysokość maksymalną około 80 km. Warstwa graniczna oddzielająca stratosferę od mezosfery nosi nazwę **stratopauzy**. Cechą charakterystyczną tej warstwy jest spadek temperatury wraz ze wzrostem wysokości do kilkudziesięciu stopni poniżej zera. Szybki spadek temperatury powoduje wystąpienie silnych turbulencji powietrza atmosferycznego.

Te trzy warstwy atmosfery: troposfera, stratosfera i mezosfera, koncentrują w sobie około 99,5% całej masy atmosfery. Łączą je zbliżone procesy hydrodynamiczne, skład chemiczny i średnia masa cząsteczkowa składników powietrza. Z tego powodu noszą wspólną nazwę – **homosfery**. Powyżej znajduje się **heterosfera** – na wysokości ponad 80 km od powierzchni Ziemi. Na tej wysokości znajduje się również czwarta warstwa – **jonosfera** – sięgająca wysokości rzędu 800 ÷ 1 000 km. Warstwa graniczna oddzielająca mezosferę od jonosfery nazywa się **mezopauzą**. Ciśnienie w jonosferze jest około 200 razy mniejsze od ciśnienia panującego przy powierzchni Ziemi. W jonosferze występuje duża ilość swobodnych elektronów i jonów z uwagi na wysoki poziom jonizacji powietrza. Jonizacja wpływa na wysoką przewodność elektryczną atmosfery, rzędu około 10^{12} razy większej niż przy powierzchni Ziemi. Powietrze jest w dużym stopniu rozrzedzone. Temperatura intensywnie tutaj wzrasta wraz z wysokością do wartości rzędu 1 000°C na wysokości około 800 km.

Warstwy atmosfery najbardziej zewnętrzne, leżące powyżej 800 ÷ 1 000 km noszą nazwę **termosfery** (literatura przedmiotu podaje także określenia: egzosfera, atmosfera zewnętrzna, strefa rozpraszania). (...) *wodór, wymykający się z egzosfery,*

tworzy dookoła Ziemi koronę ziemską, rozpościerającą się do wysokości powyżej 20 000 km (Staszewski, 1999). Gęstość gazu w tej warstwie jest znikoma, bowiem na każdy cm^3 – na wysokości 20 000 km – przypada średnio około 1 000 cząsteczek. Jest to jednak około dziesięciokrotnie większa koncentracja cząsteczek niż w przestrzeni międzyplanetarnej.

Mała gęstość powietrza wpływa na prędkość cząstek, które mogą krążyć wokół Ziemi po eliptycznych orbitach i nie zderzając się ze sobą, osiągają wartości krytyczne. Są to prędkości rzędu 11,2 km/s pokonujące siły ciężkości (cząstki nienaladowane), co umożliwia cząsteczkom ucieczkę w przestrzeń kosmiczną.

Ochronna warstwa ozonowa

Atmosfera ziemska stanowi rodzaj membrany, przez którą z jednej strony dyfunduje do powierzchni Ziemi promieniowanie słoneczne – świetlne i ciepłe – a z drugiej strony zatrzymuje szkodliwe dla żywych form organizmów promieniowanie i chroni przed nadmierną utratą ciepła z powierzchni litosfery. Szczególną rolę pełni w niej ozonosfera stanowiąca warstwę ochronną.

Ochronna warstwa ozonowa utrzymująca się nad powierzchnią Ziemi chroni ją przed nadmiarem promieniowania nadfioletowego (UV) o dużej energii, jakie dociera do Ziemi z przestrzeni kosmicznej. Ozon tworzy warstwę na wysokości rzędu 25 km od powierzchni Ziemi, w której stanowi około 1% atmosfery. Powstawaniu ozonu sprzyja rosnące stężenie tlenu cząsteczkowego, atomowego i azotu na wysokości około 60 km nad powierzchnią Ziemi. Spadek natężenia promieniowania o wyższej energii zmniejsza prawdopodobieństwo powstawania tlenu atomowego.

W wyniku zderzenia tlenu atomowego i cząsteczkowego powstaje ozon, który jest jedyną postacią tlenu nadmiarowego. Uwalniana w procesie energia zostaje pochłonięta przez występujący w atmosferze azot.

Powstawanie ozonu w stratosferze ilustrują równania reakcji:



Wytworzona warstwa ozonowa pochłania promieniowanie nadfioletowe, także z przedziału 200 ÷ 300 nm. Tym samym troposfera znajdująca się poniżej ozonosfery jest chroniona przed promieniowaniem o dużej energii. Ta część atmosfery zawiera także niewielką ilość ozonu i tlenu atomowego.

W skali globalnej ozon stratosferyczny pełni inną funkcję niż ozon troposferyczny, który zwiększa efekt szklarniowy. Zanieczyszczenia o długim czasie życia emitowane do atmosfery powodują niszczenie ozonu stratosferycznego, którego zadaniem jest pochłanianie promieniowania UV.

Rozpad ozonu w stratosferze ilustrują równania reakcji:



Skutkiem emisji zanieczyszczeń do atmosfery na poziomie lokalnym jest powstanie **smogu fotochemicznego**, w którym tlenki azotu – NO_x , np. ze spalin samochodowych (NO i NO_2) oraz wyziewy ze spalania innych paliw kopalnych, pod wpływem światła słonecznego reagują z parą wodną (Bower i in., 1994). Tlenki azotu są emitowane także przez samoloty naddźwiękowe latające w niskiej stratosferze. Pomimo że są one katalizatorami rozpadu ozonu, obecnie uważa się je za drugorzędny czynnik w porównaniu z inną grupą zanieczyszczeń zwaną łącznie freonami lub chlorofluorowęglowodorami (CFC). Najbardziej popularne są freon 11 ($CFCl_3$) i freon 12 (CF_2Cl_2). CFC są niepalnymi, nietoksycznymi i obojętnymi chemicznie cieczami lub gazami. Właściwości te pozwoliły na ich szerokie zastosowanie w przemyśle chemicznym, jako rozpylaczy aerozoli, do odtłuszczania elementów elektronicznych i produkcji gaśnic pianowych. Uwalniane są również podczas pakowania towarów w tworzywa piankowe (Mannion, 2001).

CFC uwalniane są w troposferze, która leży pod stratosferą, jednak z uwagi na długi czas życia w końcu przedostają się do stratosfery. Tam pod wpływem promieniowania UV, absorbowanego częściowo przez ozon, ulegają fotodysocjacji uwalniając atomy chloru, które niszczą ozon. Ponieważ freony są chemicznie obojętne, czas ich przebywania w atmosferze jest długi – rzędu 60 do 110 lat. Oznacza to, że po zakończeniu emisji proces destrukcji warstwy ozonowej będzie trwał jeszcze kilkadziesiąt lat. Nagłośniona przez media sprawa „dziury” ozonowej zauważonej w 1977 r. nad Antarktydą i tworząca się od tej pory każdej wiosny (wykryta obecnie także na większych szerokościach geograficznych) spowodowana jest m.in. niszczącym działaniem CFC na cząsteczki ozonu.

Podobne działanie mają inne halogeny, szczególnie brom – składnik bromku metylu (CH_3Br) stosowanego jako środek grzybobójczy.

Aerozole zawarte w kwaśnym opadzie działają również jak jądra kondensacji, co powoduje większe zachmurzenie.

1.2. Energia promieniowania słonecznego

Ciało wysyłające promieniowanie temperaturowe oziębia się, co oznacza, że jego energia cieplna zostaje zamieniona w **energię promieniowania**. Promieniowanie to padając na inne ciało jest przezeń pochłaniane. Ciało pochłaniające energię promieniowania przekształca ją w inne postacie energii, głównie energię cieplną powodującą jego ogrzanie.

Atmosfera ziemska jest dynamicznym układem, w którym zachodzi przemieszczanie się (cyrkulacja) mas powietrza pod wpływem **energii promieniowania słonecznego**. Promieniowanie to dzieli się na:

- światło **niewidzialne** o długości fal:
 - od 0,002 do 0,40 μ zwane **nadfioletowym**;
 - długości fal powyżej 0,75 μ do kilkuset mikronów zwane światłem **podczerwonym**;
- światło **widzialne** o długości fal od 0,40 μ do 0,75 μ , przy czym światło:
 - o długości fal około 0,40 μ jest **fioletowe**;

- o długości fal około $0,75 \mu$ jest **czerwone**;
- o długości fal około fale pomiędzy $0,40 \mu$ a $0,75 \mu$ obejmuje **pozostałe barwy widma**.

Promieniowanie Słońca jest w 99% promieniowaniem **krótkofalowym**, o długości fal od $0,1 \mu$ do 4μ , czyli obejmuje światło widzialne i najbliższe pasma fal promieniowania nadfioletowego. Pozostały 1% fal to promieniowanie o mniejszych i większych długościach fal od wymienionych. Promieniowanie **długofalowe** obejmuje promieniowanie powierzchni Ziemi i atmosfery o falach z długościami od 4μ do $100 \div 120 \mu$.

Energia promieniowania słonecznego jest podstawowym źródłem ciepła dla powierzchni Ziemi i jej atmosfery. Ocenia się, że promieniowanie słoneczne docierające z przestrzeni kosmicznej do powierzchni Ziemi stanowi około $25 \cdot 10^{17}$ cal/minutę. W ciągu roku Ziemia otrzymuje około $1,37 \cdot 10^{24}$ cal energii słonecznej. Na każdy km^2 powierzchni Ziemi przypada rocznie średnio $2,6 \cdot 10^{15}$ cal energii słonecznej, co przy sztucznym wytworzeniu takiej ilości ciepła wymaga spalania około 400 000 ton węgla kamiennego.

Promieniowanie słoneczne (przekształcone w energię cieplną) przechodząc przez atmosferę ulega transformacji: częściowemu od niej odbiciu (około 20% energii), rozproszeniu przez składniki atmosfery i pochłonięciu przez te składniki (15% promieniowania słonecznego), rozproszeniu i pochłonięciu przez hydrosferę, zużyciu podczas przemiany wody w parę itp. podobnym zjawiskom (około 65%). Około $0,1 \div 0,2\%$ rocznego promieniowania słonecznego spożytkowana zostaje w procesie powstawania i rozwoju roślinnej substancji organicznej i przekształcania w energię potencjalną niezbędną dla podtrzymania metabolizmu innych żywych organizmów cudzożywnych. Ogólnie przyjmuje się, że w sprzyjających warunkach środowiska zużywane jest około 1% produkcji pierwotnej netto.

Ilość traconej energii słonecznej zmienia się w czasie, w zależności od wysokości Słońca nad horyzontem (grubości warstwy atmosfery) oraz zmieniających się składników powietrza atmosferycznego zwłaszcza pary wodnej, pyłów i gazów: CO_2 , NO_x , SO_2 , O_3 , CFC.

Dodatkowym źródłem promieniowania jest atmosfera ziemiska, która (...) *ogrzewa się zarówno przez pochłanianie promieniowania słonecznego (około 15% całej ilości promieniowania dopływającego do Ziemi), jak i przez promieniowanie powierzchni Ziemi. Ponadto otrzymuje ona ciepło od powierzchni Ziemi zarówno drogą przewodnictwa cieplnego, jak i wskutek kondensacji zawartej w niej pary wodnej. Ogrzana atmosfera promieniuje podobnie jak i powierzchnia Ziemi, wysyłając niewidzialne promienie podczerwone (...)* (Staszewski, 1999). Do powierzchni Ziemi dociera około 70% promieniowania atmosfery, pozostała część uchodzi do przestrzeni międzyplanetarnej.

Promieniowanie gwiazd i Księżyca, docierające do powierzchni litosfery oraz ciepło płynące z głębi Ziemi ku jej powierzchni i do atmosfery są znikomo małe.

Powierzchnia Ziemi z jej wnętrzem, elementami biotycznymi i abiotycznymi jest także źródłem promieniowania. Promieniowanie to wynosi około $0,6 \text{ cal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{nm})$ przy temperaturze około 15°C . Promieniowanie tej wielkości może spo-

wodować szybkie ochłodzenie powierzchni Ziemi. Procesowi temu przeciwdziałą proces odwrotny – pochłanianie przez powierzchnię Ziemi promieniowania słonecznego i atmosferycznego.

1.3. Zanieczyszczenia atmosfery

Aerosfera podlega zmianom środowiskowym wskutek jej zanieczyszczenia. Zależnie od pochodzenia, źródła zanieczyszczeń atmosfery dzieli się na:

- **naturalne:** spowodowane przez wybuchy wulkanów, pożary lasów, łąk, erozję wietrzną gleby, unoszenie pyłków roślinnych i rozpylonych cząstek obumarłej substancji organicznej, aerozole wody morskiej zawierające sól;
- **antropogeniczne:** których źródłem są wysoko latające samoloty, spalanie paliw kopalnych, przemysł górniczy, hutniczy, samochodowy, materiałów budowlanych, chemiczny, farmaceutyczny, rolniczy, galwanizacyjny, hodowlany i wiele innych.

Za zanieczyszczenie atmosfery uważa się każdy składnik aerosfery zmieniający naturalny skład powietrza. Tabela 2. przedstawia główne źródła emisji zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego.

Podziału zanieczyszczeń można dokonać na podstawie ich stanu skupienia. Są to zanieczyszczenia:

- **stałe:** pyły, dymy;
- **gazowe:** NO_x , CO_2 , SO_2 , CO , PAH (WWA), azotan acetoksyłu (PAN), O_3 , oraz fluorowodór (HF), freony (CFC), tetrachlorek węgla (CCl_4), które przemieszczają się przez transport masowy i przez dyfuzję;

Tabela 2. Główne źródła uwalniania zanieczyszczeń do atmosfery (Alloway, Ayres, 1999)

Źródło	Główne zanieczyszczenia	Komentarze
Kominy domów	Wiele związków organicznych, w tym węglowodory związane z cząstkami zawartymi w dymie lub jako opary: SO_2 , CO_2 , NO_2 , i inne gazy	Poziom zanieczyszczeń zależy od jakości spalonego paliwa i oczyszczenia gazów kominowych
Kominy obiektów przemysłowych, elektrowni itp.	Podobnie jak dla kominów domowych oraz wiele innych zanieczyszczeń w zależności od charakteru działalności w danym miejscu, związki radioaktywne z elektrowni jądrowych	Dla substancji niebezpiecznych bardzo ważne są procedury oczyszczania gazów wylotowych
Silniki spalinowe i odrzutowe	CO_2 , NO_x , węglowodory i inne zanieczyszczenia organiczne, związki ołowiu (głównie nieorganiczne i nieco organicznych) tam, gdzie używa się paliwa z domieszką ołowiu	Poziom zanieczyszczeń w znacznym stopniu zależy od typu silnika i układu wydechowego; rosnące zużycie benzyny bezołowiowej ogranicza zanieczyszczenie Pb
Stosowanie pestycydów	Insektycydy, fungicydy i herbicydy	Lotne pestycydy łączą się z powietrzem w postaci oparów; do atmosfery dostają się również kropelki z oprysków i preparaty pyłowe
Uwalnianie z lodówek	Freony	Obecnie wiele krajów ściśle ogranicza używanie tych związków jako propelentów
Aerozole	Freony, np. CF_2Cl , CFCl_3	

- **ciekle:** drobiny i kropelki mgły, będące skutkiem połączenia rozpuszczalnych zanieczyszczeń stałych i gazowych (SO_2 i NO_x).

Mieszanka tych substancji z wilgocią atmosferyczną tworzy **aerozol**; układ dwufazowy: ciało stałe–gaz, lub układ trójfazowy: ciało stałe – gaz – ciecz.

Ze względu na pochodzenie, zanieczyszczenia atmosfery dzieli się na: **pierwotne** (np. dym, WWA, Co, NO_x , Pb, Br, Cl, SO_2) i **wtórne** (np. O_3 , NO_2 i azotan acetoksyłu – powstające w wyniku reakcji fotochemicznych, których skutkiem jest smog).

Aerozole atmosferyczne można podzielić według cech fazy rozpraszającej na:

- **pyły kondensacyjne:** formy kuliste, o rozmiarach fazy stałej $0,03 \div 0,02 \mu\text{m}$, powstające wskutek skraplania się i zestalania par (np. chlorek amonowy, tlenek cynku);
- **pyły dyspersyjne:** o różnych formach cząsteczki i rozmiarach rzędu $0,01 \div 1,0 \mu\text{m}$ (spaliny olejowe, tytoniowe, sadza);
- **pyły o rozdrobnieniu mechanicznym:** o różnych formach cząsteczek i rozmiarach od $1,0$ do $2\ 000 \mu\text{m}$ (np. popiół lotny, nawozy sztuczne, pył węglowy, piasek odlewniczy, pyłki kwiatowe, bakterie) zlokalizowane głównie na obszarach miejsko-przemysłowych;
- **mgły wodne i mgły związków chemicznych:** o rozmiarach kropeł rzędu $0,5 \div 500 \mu\text{m}$; oraz **krople deszczu** o rozmiarach do $5\ 000 \mu\text{m}$.

Za szczególnie szkodliwe dla zdrowia człowieka uznaje się zanieczyszczenia o rozmiarach cząstek poniżej $5 \mu\text{m}$, które przenikają do organizmu przez drogi oddechowe.

Przykładem zanieczyszczenia atmosfery jest smog atmosferyczny, który jest mieszaniną mgły i dymu nasyconych różnorodnymi zanieczyszczeniami gazowymi i pyłowymi. Smog jest charakterystyczny dla obszarów silnie zurbanizowanych i uprzemysłowionych, na których występują sprzyjające warunki meteorologiczne.

Wyróżnia się dwa rodzaje smogu:

- **Smog kwaśny** (typu londyńskiego): powstaje na bazie SO_2 , który reagując z kropelkami wody w powietrzu utlenia się do aerozolu (kropelek) kwasu siarkowego. Zawarte w powietrzu cząsteczki pyłów i metali ciężkich stanowią katalizatory zachodzących reakcji (w 1952 roku wystąpił smog zwany londyńskim, który był przyczyną śmierci około 4 700 ludzi i powodem wielu schorzeń dróg oddechowych).
- **Smog utleniający-fotochemiczny** (typu Los Angeles): powstaje na bazie ozonu, dwutlenku azotu i PAN (azotan nadtlenu acetylu) oraz emisji spalin samochodowych w warunkach intensywnej promieniowania słonecznego. Przy współudziale węglowodorów utlenianiu ulegają związki azotu, powstają przy tym silnie utleniające związki (np. nitroolefiny) z dużym udziałem ozonu.

1.4. Mechanizm zanieczyszczania atmosfery i losy zanieczyszczeń

Większość zanieczyszczeń występujących w powietrzu atmosferycznym ma formę taką, w jakiej zostały wyemitowane z powierzchni Ziemi lub wody. Czynnikiem przenoszącym zanieczyszczenia jest powietrze. Wysokość na jaką zanieczyszcze-

nia emitują zależy od takich parametrów jak wielkość cząstki, rodzaj emitera i jego kształt, wysokość emitera nad powierzchnią Ziemi, warunki klimatyczne regionu, częstość i intensywność burz, pionowe i poziome ruchy powietrza w kominach termicznych. Istotną rolę odgrywa również czynnik termiczny, gdyż cząsteczki „gorące” poruszają się szybciej niż „zimne”.

Większość substancji skażających powietrze jest emitowana do wnętrza cienkiej warstwy atmosfery (aerosfery), która styka się bezpośrednio z powierzchnią Ziemi. Ruch powietrza jest tutaj zazwyczaj turbulentny z uwagi na nierówności terenu. Turbulencja (prędkość wiatru) wzrasta wraz z wysokością nad powierzchnią Ziemi. Jej przyczyną są ruchy mas powietrza. W wyniku pionowych ruchów powietrza ulega ono adiabatycznemu sprężeniu, przy ruchu w dół i ogrzaniu, lub rozprężeniu przy ruchu w górę i oziębieniu. Jeśli w powietrzu znajduje się wystarczająca ilość wilgoci do zainicjowania procesu kondensacji, to wydziela się ciepło skraplania i masa powietrza ochładza się wolniej. Średni adiabatyczny pionowy gradient temperatury mas wilgotnego powietrza wynosi około 6 K/km, przy czym może być niższy nad biegunami i wyższy w strefie tropikalnej. Adiabatyczny pionowy gradient temperatury mas powietrza suchego wynosi około 1 K na 100 m. Jeżeli temperatura podnoszącego się powietrza ulega zmianom według adiabatycznego pionowego gradientu temperatury uznaje się, że warunki fizyczne w powietrzu są **stabilne**. Stabilne warunki są także wtedy, gdy temperatura maleje wolniej niż wynika to z pionowego gradientu temperatury (Masters, 1991). Gdy temperatura podnoszącego się powietrza maleje szybciej niż wynika to z pionowego adiabatycznego gradientu temperatury, warunki atmosferyczne stają się **niestabilne** i następuje gwałtowne mieszanie mas powietrza, połączone z rozcieńczaniem zawartych w nim zanieczyszczeń. I na odwrót – warunki stabilne powodują lokalne zagęszczanie zanieczyszczeń, czyli zwiększanie ich stężenia, co prowadzi do lokalnych skażeń środowiska.

W dolnych warstwach troposfery pozostają cząstki o rozmiarach powyżej 10 μm . Cząstki o rozmiarach poniżej 10 μm są wynoszone do stratosfery, zaś cząstki o rozmiarach poniżej 5 μm (aerозole i gazy) są wynoszone nawet do górnej warstwy granicznej stratosfery (stratopauzy). Mezosfera jest tą warstwą, do której zanieczyszczenia praktycznie nie docierają (Holdgate, 1979).

Zanieczyszczenia, które dostają się do stratosfery pozostają w niej długo, bowiem nie są one usuwane (wyplukiwane) przez opady atmosferyczne. Niektóre związki ulegają reakcjom fotochemicznym lub chemicznym w wyniku działania silnego promieniowania, które występuje powyżej warstwy ozonowej, czyli około 20 km nad powierzchnią Ziemi. Reakcje te mogą prowadzić do rozkładu tych związków, bądź do powstania substancji bardziej szkodliwych (np. O_3 , azotan acetyloksyłu).

Bezpośredniemu (pierwotnemu) zanieczyszczeniu stratosfery sprzyjają wybuchy i erupcje wulkanów, samoloty latające na dużych wysokościach, siła burz piaskowych i pyłowych. Wybuchy wulkanów są źródłem różnych gazów, pary wodnej i CO_2 , a także H_2 , CO , N_2 , SO_2 , S_2 , Cl_2 , H_2S , $\text{B}(\text{OH})_3$, NH_3 , CH_4 , chlorków, fluorków metali oraz popiołów wulkanicznych.

Transport zanieczyszczeń przez atmosferę na duże odległości jest konsekwencją abiotycznych czynników fizycznych, do których należą masowy ruch powietrza i dyfuzja. Duże wysokości przenoszą zanieczyszczenia na znaczne odległości przez cyrkulujące masy powietrza, które są różne dla różnych stref klimatycznych: pasa niskich ciśnień równikowych, zwrotnikowego pasa ciszy i frontu polarnego.

W wyniku pionowych i poziomych ruchów powietrza, zanieczyszczenia mogą oddziaływać szkodliwie w znacznej odległości od źródła emisji, prowadząc do skażeń transgranicznych i o znaczeniu globalnym (np. zakwaszenie gleb i wód, obumieranie drzewostanów). Dlatego istotną rolę odgrywa stężenie, do którego substancja szkodliwa ulegnie rozcieńczeniu po emisji. Stopień rozcieńczenia zależy od czynników określających turbulencje, czyli od prędkości wiatru, nierówności terenowych, promieniowania słonecznego, wilgoci w powietrzu, stanu skupienia zanieczyszczenia. Rozproszeniu zanieczyszczeń sprzyja suche powietrze atmosferyczne i silne boczne wiatry oraz wysoka temperatura powietrza. Wysokie kominy wpływają na wynoszenie zanieczyszczeń do wyższych warstw atmosfery i ich rozproszenie (przemieszczenie z rozrzedzeniem) na znaczne odległości – o znaczeniu globalnym.

Istotną rolę w lokalnym zanieczyszczeniu środowiska pełnią inwersje, prądy występujące na dużych wysokościach. Wyróżnia się:

1. **Inwersje promieniowania:** gdy temperatura powietrza nad gruntem jest niższa od temperatury samego gruntu. Inwersje promieniowania pojawiają się w czasie zimnych nocy, tworząc mgłę. Mgła „zamyka” powietrze znajdujące się przy powierzchni Ziemi, następuje przy tym zagęszczenie emitowanych substancji szkodliwych. Nocą nie zachodzą reakcje fotochemiczne, więc występuje przewaga zanieczyszczeń pierwotnych nad wtórnymi.
2. **Inwersje temperatury:** występują w ciągu dnia i są związane z procesami fotochemicznymi oraz z wyżami atmosferycznymi (antycyklonami). W obszarze podwyższonego ciśnienia ogrzane powietrze znajdujące się przy powierzchni Ziemi unosi się ku górze na granicy wyżu. W jego środku następuje ruch powietrza zimnego w kierunku powierzchni Ziemi. Takie inwersje mogą dochodzić do kilku tysięcy metrów i trwać mogą tak długo, jak długo występuje zjawisko podwyższonego ciśnienia – co zdarza się częściej latem.

Zjawisko inwersji cieplnej odgrywa ważną rolę przy powstawaniu smogu. W normalnych warunkach atmosferycznych powietrze jest cieplejsze przy powierzchni ziemi, chłodniejsze wyżej i te różnice temperatur powodują powstawanie prądów wstępujących – ważnych dla oczyszczania powietrza. Podczas inwersji, na pewnej wysokości, tworzy się warstwa powietrza ciepłego, która przytrzymuje warstwę zimnego powietrza przy powierzchni ziemi. Typ tworzącego się smogu atmosferycznego zależy od rodzaju zanieczyszczeń zimnego powietrza występującego przy ziemi.

Zanieczyszczenia występujące w powietrzu mogą być sprowadzone na powierzchnię Ziemi, jako:

- **opad suchy** obejmujący absorpcję gazowych składników powietrza przez wody powierzchniowe lub elementy powierzchni Ziemi;

- **opad mokry**, czyli opad deszczu lub śniegu.

Zanieczyszczenia migrują z powietrza atmosferycznego na powierzchnię lądów, oceanów, powierzchniowych wód lądowych, jako zawieszone i wolno opadające, bardzo drobne cząstki stałe i ciekłe, takie jak kropelki wody, kryształki lodu, różnorodne mikroorganizmy, pyły oraz jony HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ . Te ostatnie dostają się do atmosfery z wody morskiej rozpylone przez falowanie jej powierzchni i wiatr. Ogólna ilość tego typu składników w powietrzu atmosferycznym z reguły nie przekracza 100 g/m^3 , ale w szczególnych przypadkach może wynosić nawet 500 g/m^3 .

W wielu kosmologiach świata woda pojawia się jako źródło życia i zniszczenia: rodzi, a po jakimś czasie pochłania i rozpuszcza wszystko, co wcześniej z siebie wydała. Rytualne zanurzenie w wodzie symbolizowało śmierć i odrodzenie.

Drapella-Hermansdorfer Alina, 2001

Rozdział 2

HYDROSFERA

Hydrosfera jest najstarszą sferą biosfery – w niej powstało życie i z niej wywodzą się wszystkie organizmy lądowe. Hydrosfera obejmuje wszystkie zasoby wodne pokrywające powierzchnię Ziemi.

2.1. Cykl hydrologiczny

Woda wchodzi w skład całego systemu ziemskiego: atmosfery, hydrosfery i litosfery, który składa się na jej cykl hydrologiczny.

Cykl hydrologiczny, czyli cykl obiegu wody, tworzy *zespół licznych dróg, którymi woda krąży w przyrodzie i podlega transformacji (różne stany skupienia i różne formy występowania)* (Soczyńska, 1997). Nie ma on ani początku ani końca.

Cykl hydrologiczny zachodzi w **zlewni**, podstawowej jednostce przestrzennej, w której zachodzi stała wymiana materii i energii. Swoim zasięgiem obejmuje ona przestrzeń, w której następuje spływ wód powierzchniowych i podziemnych do jednego wspólnego odbiornika (recypienta): strumienia, rzeki, jeziora, bagna lub źródła. Ze względu na budowę geologiczną litosfery rozróżnia się zlewnię **powierzchniową**, **podpowierzchniową** i **podziemną**. Wymiana masy i energii w ich obrębie odbywa się zgodnie z prawem grawitacji (spadku) do jednego systemu odpływu wód.

Głównymi stymulatorami obiegu wody w zlewni są energia słoneczna i siła grawitacji. Podstawowym obiegiem jest **bilans wodny** stanowiący ilościowe jego ujęcie: przychód wody musi odpowiadać jej rozchodowi w danej jednostce przestrzennej i czasowej.

W cyklu hydrologicznym woda podlega ciągłym skomplikowanym procesom:

- W aerosferze woda **krąży** od około 0,8 km litosfery do około 16 km atmosfery. Z powierzchni lądów i oceanów woda **paruje** – stając się częścią atmosfery. Formy wody atmosferycznej to deszcz, śnieg, mgła, chmury, grad, para wodna, szadź. W atmosferze woda przebywa około 8 dni, tworząc mgły i chmury. Gdy ulegnie kondensacji – **opada** na powierzchnię lądów i oceanów.
- Formy wody litosfery to morza i oceany, jeziora, rzeki, wody powierzchniowe i podziemne, źródła, strumienie, bagna, lodowce i śnieg. Na jej powierzchni woda ulega **intercepcji** (zatrzymaniu przez rośliny); **transpiracji** (odparowaniu z powierzchni roślin); **spływowi** po powierzchni gruntu i w korytach

rzecznych; **infiltracji** w grunt (przenikaniu do głębokich warstw gruntu), **magazynowaniu** (w gruncie i w powierzchniowych zbiornikach), **wypływo-
wi** w postaci źródeł lub **odpływo-
wi** podziemnemu, zasilając rzeki i **odparow-
waniu** do atmosfery.

Wielkość opadu na powierzchni Ziemi zależy od położenia geograficznego. Średnia roczna suma opadów w Polsce wynosi około 600 mm. Jeśli ilość tę pomnoży się przez jej powierzchnię (312 685 km²) daje to objętość rzędu 187 km³ wody. Wielkość odpływu rzeczno-
go w przeliczeniu na jednego mieszkańca, w latach dziewięćdziesiątych wahała się między 1,1 a 1,9 tys. km³.

Woda *najdłużej przebywa w lodowcach i lodach Antarktyki oraz w głębokich poziomach podziemnych* (Kundzewicz, 2000).

2.2. Zasoby wody w środowisku geologicznym

Na podstawie cyklu hydrologicznego wody występujące w przyrodzie dzieli się na wody: podziemne (płytkie i głębokie), powierzchniowe śródlądowe (płynące i stojące), morskie i oceaniczne.

Szacunkowe obliczenia wskazują, że oceany i morza zajmują około 70% powierzchni Ziemi, czyli około 363 mln km².

Całkowite zasoby wodne świata wynoszą około 1,386 mld km³ wody, z czego:

- woda słona zmagazynowana w oceanach stanowi około 97% (tych zasobów), czyli około 1,338 mld km³;
- lodowce i trwała pokrywa śnieżna zawierają około 24,4 mln km³ wody, czyli około 50 razy mniej niż oceany. Wielkości te nie obejmują wody podziemnej, wilgoci w glebie i wody w strefie wiecznej zmarzliny oraz wody zawartej głęboko we wnętrzu Ziemi.

Całkowite światowe zasoby wody słodkiej stanowią zaledwie 2,8%, z tego całkowita ilość wody zmagazynowanej w rzekach (w danej chwili czasowej) wynosi około: 0,006% globalnych zasobów wody słodkiej. Tylko (lub aż tyle) 0,0002% globalnych zasobów wody zmagazynowana jest na Ziemi. Ilość wody wprowadzonej przez rzeki do wszechoceanu szacuje się na od 32 do 37 · 10³ km³ · rok⁻¹. Dziesięć największych rzek świata dostarcza prawie 40% ogólnego odpływu, w tym sama Amazonka ponad 15%.

Schemat 2 ilustruje procentową zawartość wody w skali globalnej, w poszczególnych ekosystemach.

Spośród wielu gatunków wód praktyczne znaczenie mają:

- **Wody deszczowe** w postaci opadów atmosferycznych (deszczu, gradu, śniegu). Są one źródłem powstawania wód powierzchniowych na Ziemi. Wody deszczowe należą do najmniej zanieczyszczonych wód naturalnych, przy czym zawierają niewielkie ilości rozpuszczonych gazów z powietrza, chloru, węgla i azotu, chlorków sodu, dwutlenku siarki, zawiesin organicznych i bakterii.
- **Wody powierzchniowe** zawierają te same składniki co wody deszczowe, ale są poważnie zanieczyszczone wieloma pierwiastkami należącymi zarówno do

pierwiastków śladowych, jak i ciężkich. Wody powierzchniowe zanieczyszczone są także związkami humusowymi, których znaczna ilość kwalifikuje te wody, jako niezdatne do picia. Zbliżone cechy posiadają wody zaskórne oraz wody z płytkich studzien.

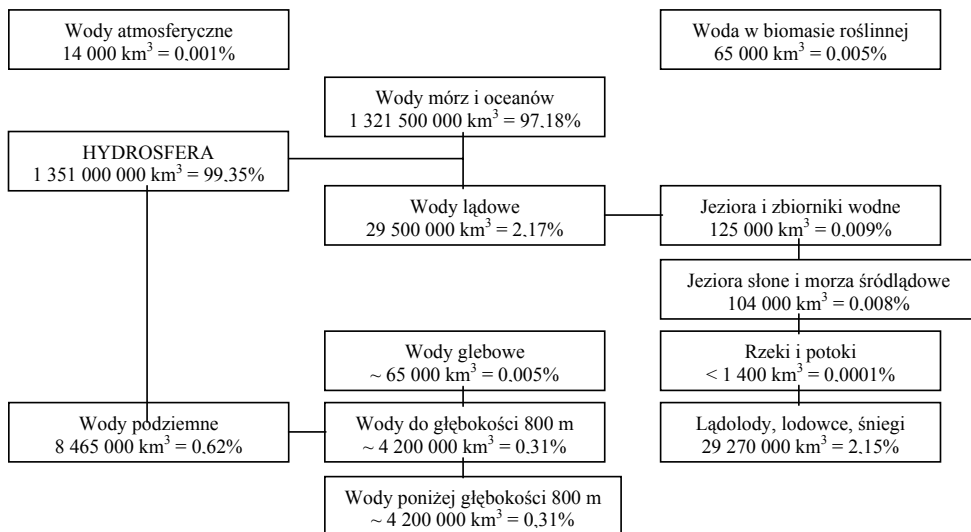
- **Wody źródłane** pochodzą z głębokich warstw ziemi i zawierają znaczne ilości soli mineralnych. Ponieważ migrują one przez warstwy pokładów litosfery, są w sposób naturalny filtrowane, a więc pozbawione bakterii chorobotwórczych i zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych.
- **Wody rzeczne** łączą w sobie składniki wód powierzchniowych i źródłanych, jednak wiele rzek jest zanieczyszczonych ściekami przemysłowymi i gospodarczymi, co dyskwalifikuje je jako wody pitne z uwagi na znaczną zawartość azotanów, azotynów, bakterii chorobotwórczych i wielu innych substancji.

Powierzchniowe wody niezmineralizowane są powszechnie wykorzystywane jako wody pitne, przemysłowe i dla potrzeb rolnictwa. Ilości tych wód są ograniczone, przez co wymagają zrównoważonego gospodarowania.

Zasoby wody podziemnej obejmują ilość wody grawitacyjnej zawartej w skałach litosfery lub przepływającej przez jej przekrój poprzeczny. Zasoby te mogą być stałe lub zmienne zależnie od warunków występujących w danym środowisku hydrogeologicznym. **Zasoby stałe** występują stale, natomiast **zasoby zmienne** stanowią nadwyżkę zasobów stałych i mogą się wahać w granicach od zera do maksymalnej wartości.

Zasoby wód podziemnych dzieli się na:

- **zasoby statyczne** stanowiące tę ilość wody grawitacyjnej, która jest zawarta w rozpatrywanym ośrodku w strefie nasycenia i która może być wydo-



Schemat 2. Zasoby wód Ziemi (wartości procentowe odnoszą się do globalnych zasobów wodnych ocenianych na 1360 mln km³) (Kabata-Pendias, Pendias, 1999)

byta metodą odsączania. Zasoby statyczne wyraża się w jednostce objętości (np. m³);

- **zasoby dynamiczne** stanowiące tę ilość wody grawitacyjnej, która w postaci strumienia podziemnego przepływa przez warstwę wodonośną. Zasoby dynamiczne wyraża się w jednostce natężenia przepływu (np. m³/s).

Eksploatacja tej części zasobów statycznych i dynamicznych wód podziemnych, która nie wywołuje skutków ubocznych w środowisku naturalnym nazywa się **zasobami eksploatacyjnymi**.

Według Bolewskiego (1982): *zasoby wód podziemnych są odnawialne w zakresie odpowiadającym danemu środowisku przyrodniczemu. Jeżeli pobieranie wody z jej złoża podziemnego jest dokonywane w ilościach nie naruszających tego porządku natury i jeżeli środowisko to nie jest niszczone, np. przez odlesianie, wówczas podziemne złoża wody może być wykorzystywane przez długi czas. (...) Rozpoznanie złoża wody podziemnej powinno odpowiedzieć na pytanie, ile wody można pobrać bez zagrożenia trwałości jego wykorzystania?*

Człowiek potrzebuje około 1,5 ÷ 3 dm³ wody w ciągu doby do bezpośredniej konsumpcji. Ponadto woda w dużych ilościach zużywana jest na cele przemysłowe i komunalne. Według Skrzypskiego (2002): *przeciętny roczny pobór wody na mieszkańca wynosi około 1 800 m³ w Kanadzie i USA, około 600 ÷ 950 m³ w krajach Europy Zachodniej i około 400 m³ w Polsce, przy czym na cele komunalne zużywa się łącznie około 10 ÷ 20%.*

2.3. Wnętrze litosfery jako zbiornik wodonośny

W skorupie ziemskiej woda występuje w różnych postaciach: woda w postaci pary, woda błonkowa, woda higroskopijna, woda włoskowata (kapilarna: właściwa, zawieszona, stykowa), woda wolna, woda w stanie stałym, woda krystalizacyjna, woda chemicznie związana.

Skała (warstwa geologiczna), jako fragment skorupy ziemskiej, o dowolnym rozprzestrzenieniu i miąższości, nasycona wodą wolną do pełnej pojemności lub częściowo, nosi nazwę **ośrodka wodonośnego**. Ośrodek wodonośny o znacznym rozprzestrzenieniu i często dużej miąższości nosi nazwę **zbiornika wody podziemnej**. Jeśli w ośrodku wodonośnym nie występuje warstwowa niejednorodność własności filtracyjnych, przy równoczesnym dużym rozprzestrzenieniu się ośrodka, nosi on nazwę **warstwy wodonośnej**. Górna jej powierzchnia to **lustro wody gruntowej**. Miejsce, w którym lustro wody gruntowej pokrywa się z powierzchnią Ziemi jest **ujściem** źródła lub strumienia.

Jeśli warstwa wodonośna jest „ograniczona” skałami nieprzepuszczalnymi, woda nie może do niej swobodnie wpływać lub wypływać z niej. Natomiast warstwa wodonośna „nieograniczona” umożliwi swobodny ruch wody przez warstwę.

W zależności od stopnia wypełnienia litosfery wodą wyróżnia się w niej dwie strefy:

- **aeracji** (napowietrzenia): jest to część skorupy ziemskiej, której wolne przestrzenie porowe wypełnione są głównie powietrzem lub innymi gazami,

a woda występuje najczęściej w postaci pary wodnej, wody związanej w postaci wody higroskopijnej i błonkowej;

- **saturacji** (nasylenia wodą): jest to część litosfery, której wolne przestrzenie porowe całkowicie wypełnione są wodą wolną od warstw nieprzepuszczalnych.

Granica pomiędzy strefą aeracji i saturacji nosi nazwę **zwierciadła wody gruntowej**.

Klasyfikacja wód podziemnych

Istnieje wiele różnych klasyfikacji wód podziemnych. Wyróżnia się je na podstawie składu chemicznego wód; genezy, czyli pochodzenia; warunków występowania (np. w stosunku do złoża węglowodorów); poziomów zalegania lub warunków inżynierijno-budowlanych.

Klasyfikacja według genezy wyróżnia wody infiltracyjne, kondensacyjne (związane ze skraplaniem pary wodnej), juwenilne (związane z procesami magmowymi) oraz reliktove (sedymentacyjne).

Klasyfikacja wód podziemnych w stosunku do zalegania innego złoża surowców mineralnych wyróżnia: **wody podścielające** (zalegające pod złożem); **wody okalające złoże**; **wody górne** (zalegające powyżej złoża na warstwie nieprzepuszczalnej); **wody dolne** (zalegające poniżej złoża pod warstwą nieprzepuszczalną); **wody pośrednie** (śródzłożowe) występujące pomiędzy warstwami złoża surowców mineralnych.

Klasyfikacja według poziomu zalegania wyróżnia wody:

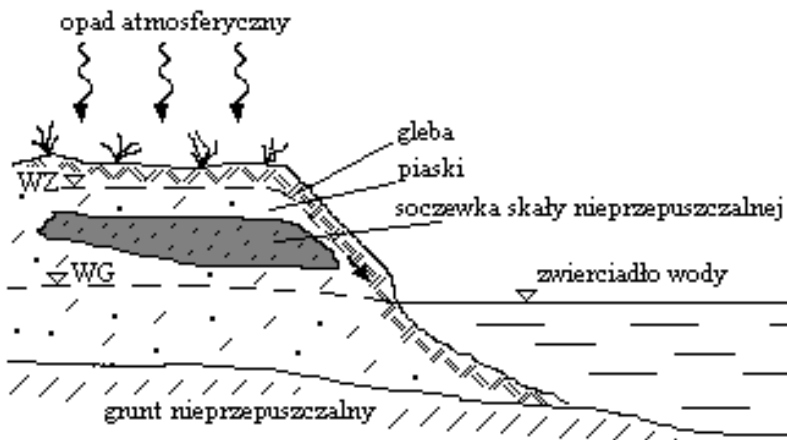
- **przypowierzchniowe**: występujące w strefie saturacji i są to wody zaskórne, wody błot, torfowisk itp.;
- **freatyczne**: są to wody oddzielone od powierzchni strefą aeracji, o zwierciadle swobodnym lub napiętym;
- **głębinowe** (międzywarstwowe): są to wody podziemne, występujące na dużych głębokościach (całkowicie izolowanych od wpływu różnych czynników powierzchniowych). Zasilane są grawitacyjnie lub infiltracyjnie przez opady atmosferyczne oraz przez wody znajdujące się w warstwach wodonośnych pokrytych utworami nieprzepuszczalnymi. Ciśnienia tych wód występują wówczas, gdy zwierciadło wody jest napięte przez stropową warstwę nieprzepuszczalną.

Szczegółową charakterystykę wód podziemnych ilustruje Stankiewicz (1984), który dzieli wody podziemne na:

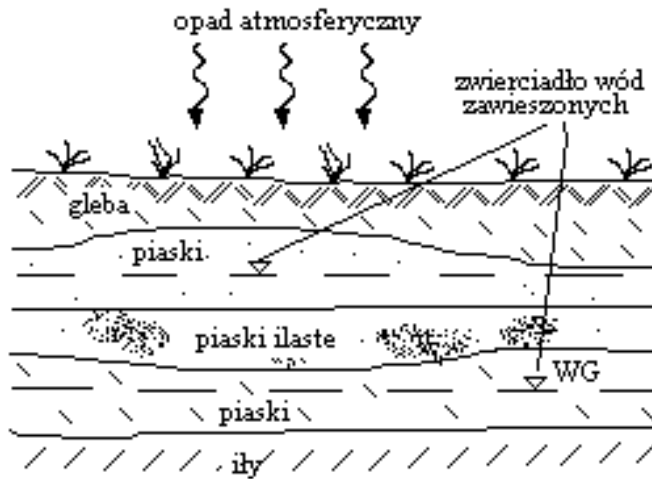
- **Wody zaskórne (WZ)** (Schemat 3.): pochodzące wyłącznie z opadów atmosferycznych przesączających się przez przepuszczalny grunt i zatrzymywanych na nieprzepuszczalnych soczewkach gruntu. Rozpływając się ku brzegom soczewki, przesączają się ku warstwom wód gruntowych leżących niżej. Do wód zaskórnych zalicza się wszystkie wody występujące okresowo i których dopływ po ustaniu zasilania zanika. Mogą to być wody przejściowo nawadniające soczewki piaskowe lub górne warstwy gruntu mało przesiąkłego (np. piasków gliniastych).

- **Wody zawieszone** (Schemat 4.): nie mają żadnego nieprzepuszczalnego podłoża. Są utrzymywane siłami kapilarnego napięcia w mniej przepuszczalnych warstwach gruntu. Powstają wskutek opadów atmosferycznych i utrzymują się bardzo krótko – wysychając lub przesączając się powoli do bardziej przepuszczalnych pokładów gruntu. Pojawiają się okresowo, stając się niedogodne dla obiektów budowlanych.
- **Wody gruntowe (WG)** (Schemat 5.): są zgromadzone w porowatych, przepuszczalnych skałach i rozdrobnionym materiale skalnym, zlokalizowane pod cienką warstwą aktywnej biologicznie gleby. Utrzymują się na podłożu nieprzepuszczalnym. Powstają wskutek przenikania opadów atmosferycznych lub infiltracji wody ze zbiorników wodnych. Zależnie od rzeźby terenu i pofałdowania warstwy nieprzepuszczalnego podłoża wody gruntowe występują tak blisko powierzchni, że tworzą obszary zabagnione.
- **Wody międzywarstwowe** (Schemat 6.): oddzielone są od powierzchni terenu warstwą nieprzepuszczalną. Zasilane mogą być przez opady atmosferyczne wyłącznie w miejscach gdzie warstwa nieprzepuszczalna znika lub spodnia warstwa wodonośna wychodzi na powierzchnię terenu. Często zasilane są ze zbiorników wodnych i podziemnych studni.

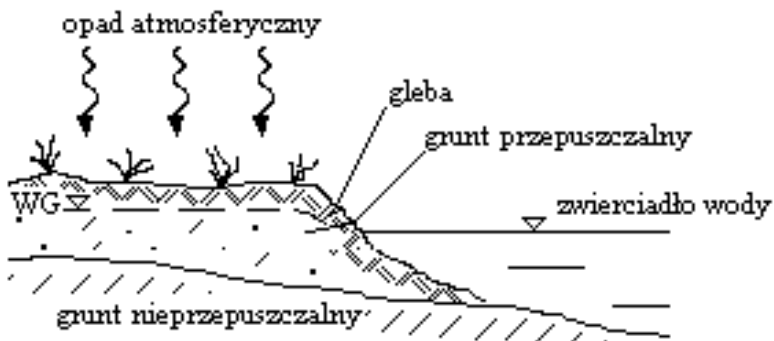
Jeżeli warstwa wodonośna pomiędzy warstwami nieprzepuszczalnymi nie jest wypełniona wodą, to wody międzywarstwowe i gruntowe nie są wodami naporowymi (Schemat 7.). Warstwa taka może być wykorzystana do przyjęcia wód gruntowych, leżących na warstwie nieprzepuszczalnej, za pośrednictwem odpowiednio zainstalowanych studni chłonnych. Jeżeli zaś warstwa wodonośna jest całkowicie wypełniona wodą, to wtedy wody stają się naporowymi (artezyjskimi). Ciśnienie w takiej warstwie powstaje wskutek podniesienia poziomu wody w obszarze zasilania – przebicie warstwy nieprzepuszczalnej znajdującej się nad wodą naporową



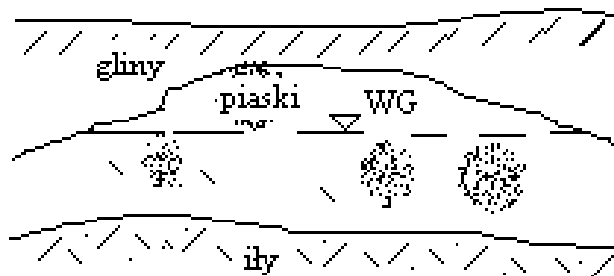
Schemat 3. Wody zaskórne



Schemat 4. Wody zawieszono ne



Schemat 5. Wody gruntowe



Schemat 6. Wody międzywarstwowe

może spowodować podniesienie poziomu wód gruntowych do poziomu piezometrycznego warstwy naporowej w obszarze zasilania. Na tej podstawie wody międzywarstwowe dzieli się na:

- artezyjskie: gdy zwierciadło hydrostatyczne wody sięga ponad powierzchnię terenu;
- subartezyjskie: gdy zwierciadło wody znajduje się pod powierzchnią terenu.

Wody te mogą być przyczyną podtapiania przy głębokim posadowieniu budowli, konstrukcji podziemnych lub wyrobisk górniczych.

Przepływ wód podziemnych w warstwach wodonośnych jest zgodny z gradientem hydraulicznym, czyli wody z obszarów o większej wysokości hydraulicznej przepływają do obszarów o mniejszej wysokości hydraulicznej (według prawa Darcy'ego).

Ze względu na wodonośność, zasobność, jakość wód podziemnych i ich znaczenie dla gospodarki, wydzielone zostały na terenie Polski Główne Zbiorniki Wód Podziemnych (GZWP).

2.4. Złoża surowców mineralnych w hydrosferze

Woda jako czysty chemicznie związek wodoru i tlenu nie występuje w przyrodzie. Zawsze jest ona mniej lub bardziej rozcieńczonym roztworem soli, kwasów i zasad a także gazów – będącym następstwem krążenia wody w przyrodzie. Skład wód naturalnych kształtowany jest przez zjawiska naturalne zachodzące w wodach i środowisku. Skład ten zależy od budowy środowiska gruntowo-skalnego, stopnia jego zanieczyszczenia i rodzaju innych elementów środowiska, z którymi wody są w kontakcie. W zależności od środowiska, w którym występują wody, ich chemizm kontrolują takie mechanizmy, jak: klimat, rzeźba terenu, wiek i odporność skał na wietrzenie, skład skał i gleb oraz charakter pokrywy roślinnej lądowej i wodnej. Głównym źródłem substancji rozpuszczonych w wodach są skały i gleby dorzecza.



Schemat 7. Wody naporowe (artezyjskie)

Skład wód morskich i oceanicznych

Składniki mineralne mórz i oceanów występują w formie roztworów i zawiesin dostarczanych przez wody rzek powierzchniowych lądowych i cieków podziemnych. Chemizm wód morskich i oceanicznych wzbogacony jest również przez różnego rodzaju rozpuszczalne składniki, których źródłem są podmorskie erupcje wulkaniczne. Innym źródłem składników mineralnych są morskie i oceaniczne organizmy, które po obumarciu są elementem morskich i oceanicznych osadów dennych, jak wapienie czy fosforyty.

Podstawowy skład chemiczny związków mineralnych rozpuszczonych w wodach mórz i oceanów ilustruje Tabela 3.

Wody morskie i oceaniczne są zasilane opadami atmosferycznymi o różnym składzie chemicznym. Wody opadowe zawierają rozpuszczone gazy: N_2 , O_2 , CO_2 , SO_2 , SO_3 , O_3 , aerozole i zanieczyszczenia gazowe i pyłowe. Część tych wód zostaje zatrzymana na powierzchni Ziemi, skąd ponownie odparowuje i powraca do atmosfery. Część wody infiltruje, inna jej część także powraca na powierzchnię Ziemi, w postaci źródeł i strumieni, wzbogacona w rozpuszczalne związki – skąd częściowo odparowuje.

W procesach mieszania wód pod wpływem prądów morskich (i oceanicznych) przyływów, odpływów, falowania następuje uśrednienie ich składu.

Skład wód lądowych powierzchniowych

Do najważniejszych gazów występujących w wodach powierzchniowych w postaci rozpuszczonej należą tlen, dwutlenek węgla, siarkowodór, azot, amoniak. Ich rozpuszczalność w wodzie spada wraz ze wzrostem jej temperatury, a rośnie ze wzrostem ciśnienia. Obecność gazów w wodzie świadczy często o jej jakości.

Tlen (O_2) występuje w wodzie w postaci rozpuszczonej i w postaci wolnej. **Tlen rozpuszczony** pochodzi przede wszystkim z powietrza oraz z procesów fotosyntezy prowadzonych przez rośliny zawierające chlorofil (wodorosty i plankton). Jego rozpuszczalność w wodzie jest odwrotnie proporcjonalna do temperatury.

Tabela 3. Typowy skład wód morskich i oceanicznych (Kabata-Pendias, Pendias, 1999)

Składniki wody mórz i oceanów	Procentowa zawartość wagowa (sucha pozostałość)
Aniony:	
tlen O^{2-}	6,29
chlor Cl^-	55,50
siarka $S^{+} + S^{6-}$	1,54
brom Br^-	0,19
węgiel C^{+}	0,07
Kationy:	
sód Na^{+}	10,60
magnez Mg^{2+}	3,73
wapń Ca^{2+}	1,20
potas K^{+}	1,11

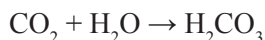
Szybkość poboru tlenu z powietrza atmosferycznego do wody zależy od deficytu tlenu w wodzie; wielkości powierzchni kontaktującej się z atmosferą, która z kolei zależy od prędkości przepływu wody, jej turbulencji i falowania; temperatury; ciśnienia atmosferycznego. Ze względu na znaczenie tlenu dla życia organicznego zawartość tlenu rozpuszczonego stanowi jeden z najważniejszych wskaźników jakości wody. Od jego ilości zależy zdolność wody do samooczyszczania na skutek mineralizacji substancji organicznych. Mineralizacja dokonuje się przy współdziałaniu mikroorganizmów, przede wszystkim bakterii tlenowych. Występuje ona prawie zawsze w wodach powierzchniowych, których nasycenie tlenem zwykle odpowiada 100%. W wodach powierzchniowych stojących (jeziorach), zwłaszcza głębokich, zawartość rozpuszczonego tlenu uzależniona jest od stopnia czystości wody i jej naturalnego uwarstwienia.

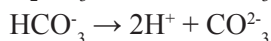
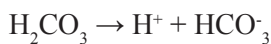
Zawartość tlenu w wodach ulega dużym zmianom dobowym, szczególnie w przypadku występowania fotosyntezy. Przy silnym nasłonecznieniu i rozwoju roślinnych organizmów wodnych zachodzi fotosynteza z wydzielaniem *wolnego tlenu*. Wody stają się przesycone tlenem (> 100%). W nocy procesy fotosyntezy nie zachodzą i przy intensywnym oddychaniu organizmów wodnych następuje gwałtowny spadek jego zawartości. Nadmierna ilość wolnego tlenu w wodzie jest niepożądana ze względu na jej silne właściwości korozyjne.

Zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie jest wskaźnikiem **stopnia nasycenia wody tlenem** (lub wskaźnikiem stopnia zanieczyszczenia wód powierzchniowych), który jest stosunkiem zawartości tlenu rozpuszczonego w badanej wodzie do maksymalnej jego zawartości w wodzie destylowanej w danej temperaturze, przy ciśnieniu normalnym. Dla wód czystych procent nasycenia wody tlenem wynosi prawie 100%, nieznacznie zanieczyszczonych: 80 ÷ 95%, wyraźnie zanieczyszczonych: 40 ÷ 50%, a w wodach bardzo zanieczyszczonych pojawia się deficyt tlenowy. Deficyt tlenowy występuje w wyniku zużywania tlenu w procesach chemoautotroficznych – chemosyntezie, podczas której tlen zużywany jest przez organizmy wytwarzające substancję organiczną z substratów nieorganicznych oraz w procesach biochemicznego rozkładu substancji organicznej. Przy spadku zawartości rozpuszczonego tlenu poniżej 30 ÷ 40% obserwuje się zaburzenia w biocenozie wodnej. W wyniku braku tlenu wody stają się cuchnące.

Dwutlenek węgla (CO₂) – jego źródłem w wodzie jest głównie atmosfera oraz zachodzące w glebie procesy wzrostu i rozkładu roślin. Zwiększenie zawartości dwutlenku węgla w atmosferze wskutek spalania paliw powoduje jego wzrost w wodach.

W wodach podziemnych CO₂ jest związany ze zjawiskami wulkanicznymi i postwulkanicznymi. W zależności od pH wody występuje on głównie w postaci: **rozpuszczonej** w wodzie (pH < 4,5); **półzwiązanej** (HCO₃⁻) (pH = 4,5 ÷ 12,0); **związanej** (CO₃²⁻) (pH > 8,3). W wodzie dwutlenek węgla jest dobrze rozpuszczalny, podlega hydrolizie tworząc kwas węglowy (H₂CO₃), który dysocjuje najpierw do jonów wodorowęglanowych (HCO₃⁻), a następnie węglanowych (CO₃²⁻):





W takich warunkach woda posiada znaczną zdolność do buforowania kwasów, co wpływa na jej odporność na zmiany wywołane kwaśnymi deszczami.

Wody, w których CO_2 występuje w zespole związków kwasu węglowego, charakteryzują się stanem równowagi węglanowo-wapniowej.

Azot gazowy i jego jony. **Azot ogólny** stanowi sumę azotu organicznego i azotu nieorganicznego: amonowego, azotynowego i azotanowego:

$$N_{\text{og}} = N_{\text{NH}_4} + N_{\text{NO}_2} + N_{\text{NO}_3} + N_{\text{org}}$$

W warunkach naturalnych zawartość azotu w postaci gazowej wynika z równowagi ciśnienia cząsteczkowego tego gazu między wodą a atmosferą. Przy ciśnieniu atmosferycznym równym 1 atm. i temperaturze 20°C stężenie gazowej postaci azotu w wodzie wynosi około 15 mg/dm^3 .

Azotyny (NO_2^-) i **azotany** (NO_3^-) powstają na skutek utleniania azotu atmosferycznego związanego wcześniej przez rośliny i organizmy żywe zwierzęce. W wyniku rozkładu białek, szczątków roślinnych i zwierzęcych powstaje amoniak (NH_3) i jony amonowe (NH_4^+), które utleniają się przy współdziałaniu bakterii nitryfikacyjnych, do azotynów, a te szybko utleniają się do azotanów.

Bezpośrednią i pośrednią dostawą azotu amonowego są zanieczyszczenia rolnicze i komunalne. W wodach podziemnych amoniak może występować na skutek redukcji azotynów i azotanów przez siarkowodór, piryty i inne związki redukujące. Jego podwyższone zawartości są związane w tych wodach ze znaczną zawartością związków żelaza lub związków humusowych.

W procesach uzdatniania wody amoniak stwarza trudności przy jej chlorowaniu, a także zwiększa korozję rur wodociągowych.

Azot azotynowy (azotyny – NO_2^-) jest produktem przejściowym w cyklu azotowym, zachodzącym w wodach naturalnych. Organiczne związki azotowe, ulegając biochemicznemu rozkładowi, przechodzą początkowo w amoniak, a następnie w środowisku zawierającym tlen w azotyny, które łatwo ulegają utlenieniu do azotanów. W warunkach beztlenowych azotyny mogą powstać również wskutek redukcji azotanów. Powstają także w czasie uzdatniania wody w procesie napowietrzania przy odżelazianiu lub w przewodach wodociągowych wskutek działania bakterii i innych organizmów nitryfikujących (w podwyższonych temperaturach proces zachodzi intensywniej). Ich obecność spowodowana jest również używaniem soli azotynowych jako inhibitorów korozji w niektórych procesach przemysłowych. Obecność azotynów w wodach świadczy o zachodzących w nich procesach utleniania lub redukcji.

Azot azotanowy (azotany – NO_3^-) występuje w wodach powierzchniowych w niewielkich ilościach. W znacznym stężeniu występuje w ściekach po biologicznym oczyszczaniu. Jest on najwyższym stopniem utlenienia azotowych związków organicznych i nieorganicznych. Maksymalna zawartość azotanów w wodach pitnych nie może przekraczać $10 \text{ mg/dm}^3 N_{\text{NO}_3}$, bowiem wywołuje chorobę, groźną dla niemowląt – methemoglobinemię, zwaną sinicą (tzw. „choroba błękitnych dzieci”).

Spowodowana jest zmniejszeniem zdolności hemoglobiny do przenoszenia tlenu. Cząsteczki hemoglobiny noworodków wykazują odmienną budowę cząsteczki w porównaniu z hemoglobina osobników dorosłych. Hemoglobina płodowa jest bardziej podatna na utlenianie. Hemoglobina zawiera atomy żelaza wiążące odwracalnie tlen. Jony azotanu (III) utleniają żelazo (II) do żelaza (III), co uniemożliwia wiązanie tlenu i przenoszenie go przez czerwone ciała krwi zawierające te utlenione atomy żelaza. Organizm reaguje na zawarte w wodzie azotyny ogólnym niedotlenieniem, czego efektem jest sinica (osłabienie, biegunka).

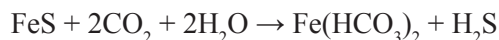
W dużym stężeniu azotyny występują w powierzchniowych wodach stojących, przyczyniając się do eutrofizacji tych wód.

Azot organiczny obejmuje grupę związków białkowych (białka, peptyny, aminokwasy i związki organiczne pozabiałkowe – mocznik, pirydyna, aminy i inne). Azot organiczny może być pochodzenia naturalnego, roślinnego i zwierzęcego. Powstaje z obumarłych części roślin i zwierząt, żyjących w wodach lub doprowadzanych ze ściekami, jako zrzuty przemysłowe i miejskie (pochodzenie sztuczne azotu organicznego). Związki organiczne ulegają stosunkowo powolnemu rozkładowi biochemicznemu, stanowią więc długotrwale zanieczyszczenie wód. W wodach powierzchniowych niezanieczyszczonych stężenie azotu organicznego nie przekracza $1 \text{ mg/dm}^3 \text{ N}$.

Z punktu widzenia sanitarnego zawartość związków azotu oraz ich rodzaj jest wskaźnikiem zanieczyszczenia wód podziemnych. Obecność w wodzie jonów NH_4^+ , przy braku obecności jonów NO_2^- i NO_3^- , wskazuje na bliskie i nieodległe w czasie zanieczyszczenie ściekami. Łączne występowanie w wodzie amoniaku, azotynów i azotanów świadczy o trwałym zanieczyszczeniu organicznym wody, natomiast obecność samych azotanów wskazuje na odległe w czasie i przestrzeni zanieczyszczenie organiczne.

Siarkowódór (H_2S) i siarczki – w wodach mogą być pochodzenia mineralnego lub organicznego. Ponadto związki siarczkowe mogą być odprowadzane do wód ze ściekami przemysłu hutniczego, gazowniczego, garbarskiego, celulozowego, petrochemicznego i innych. Mogą występować w postaci rozpuszczonego gazu (H_2S) albo jako siarczki rozpuszczalne lub nierozpuszczalne. Ich występowanie w wodach jest związane z beztlenowym rozkładem substancji organicznych zawierających białko. W wodzie zawierającej tlen siarczki ulegają szybkiemu utlenieniu do **siarczanów** (SO_4). W wyniku redukcji jonów siarczanowych powstaje siarkowódór, który łatwo rozpuszcza się w wodzie. Woda zawierająca siarkowódór odznacza się nieprzyjemnym zapachem i smakiem zgnitych jaj, który jest wyczuwalny nawet przy bardzo małych stężeniach (od $0,05 \text{ mg/dm}^3$). Siarkowódór jest składnikiem toksycznym i jego okresowe występowanie w przydennych strefach cieków wodnych jest przyczyną zaniku organizmów wyższych. Ponadto woda zawierająca H_2S ma silne właściwości korozyjne.

Siarczki mogą powstawać z siarczanów na skutek ich redukcji przez bakterie siarkowe. Mogą również być produktem rozkładu piryków pod wpływem kwasu węglowego (w wodach podziemnych):



Najważniejsze jony i makropierwiastki

Do powszechnie spotykanych w wodach substancji mineralnych należą przede wszystkim te, które występują w dużych ilościach w skorupie ziemskiej, w zwietrzelinach i glebach, z przewagą łatwo rozpuszczalnych. Przemieszczanie się wód w skałach i w glebie oraz ich kontakt z powietrzem powoduje, iż wody podziemne i powierzchniowe nabywają stopniowo cech chemicznych środowiska, w którym występują. Substancje rozpuszczone w wodach występują zwykle w postaci jonowej. Jony spotykane w największych stężeniach są określane mianem **makrojonów**. Należą do nich aniony: wodorowęglanowy (HCO_3^-), chlorkowy (Cl^-) i siarczanowy (SO_4^{2-}) oraz kationy: wapniowy (Ca^{2+}), magnezowy (Mg^{2+}), sodowy (Na^+), potasowy (K^+). Poza nimi powszechnie występują jony żelazowe, żelazawe, manganowe, azotanowe, azotynowe oraz krzemionka (SiO_2).

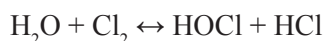
Chlorki (Cl^-) są najpowszechniejszą formą występowania chloru. W dużych ilościach występują w wodach morskich i oceanicznych, nadając im słony smak. Łatwo rozpuszczalne skały osadowe pochodzenia morskiego, ewaporaty (NaCl , KCl i inne), stanowią ważne źródło pochodzenia jonów chlorkowych w wodzie. Wietrzejące skały krystaliczne dostarczają wodom podziemnym niewielkich ilości jonów chlorkowych. W wodach opadowych chlorki pochodzą z kropelek aerozolu morskiego, porywanego z wiatrem w kierunku lądu. Zależność między zawartością jonów chlorkowych w wodzie opadowej a odległością od morza jest bardzo wyraźna. Typowy słony smak może nie występować w wodach zawierających nawet 1000 mg/dm^3 chlorków, gdy przeważają w nich jony wapnia i magnezu. Podwyższona zawartość jonów chlorkowych w wodach rzecznych pochodzi ze zrzutów ścieków. Ścieki komunalne, zwłaszcza fekalne, odznaczają się dużą zawartością chlorków. W glebie chlorki nie są sorbowane. Mogą się zatem przemieszczać w podłożu skalnym wraz z wodami podziemnymi. Wysoki udział chlorków w sumie podstawowych jonów tworzących skład chemiczny wody jest wskaźnikiem zanieczyszczeń gospodarczo-bytowych. W wodach powierzchniowych stężenie chlorków wynosi $3\text{--}50 \text{ mg/dm}^3$, a w wodach podziemnych $5\text{--}60 \text{ mg/dm}^3$. Zawartość chloru w wodach podziemnych rośnie wraz z głębokością.

Wysokie stężenie chlorków zwiększa korozyjność wody i wpływa ujemnie na rośliny.

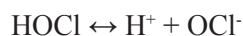
Wody poddawane chlorowaniu za pomocą chloru, podchlorynów lub innych związków chloru mogą zawierać często różne ilości chloru pozostałego. **Chlor pozostały** w wodzie może występować w postaci użytecznego **chloru wolnego**, tj. jako kwas podchlorawy (HClO), anionu kwasu podchlorawego (ClO^-) i molekularnego Cl_2 lub ich mieszaniny, czy też jako **użyteczny chlor związany**, tj. chloroaminy lub inne związki chlorowe (np. NH_2Cl).

Chlor wolny i związany stanowią **chlor użyteczny – ogólny**. Oba mogą występować równocześnie. Ustalenie postaci chloru pozostałego jest ważne ze względu na przebieg i efekt dezynfekcji wody, jak również ze względu na jej właściwości organoleptyczne.

Chlor dodany do wody ulega hydrolizie, może również ulegać przyłączeniu lub działać utleniająco:

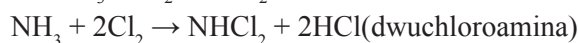


Kwas pochlorawy działa jak wolny chlor użyteczny.



Występowanie poszczególnych form zależy od pH. HOCl wykazuje około 100 razy silniejsze działanie bakteriobójcze niż OCl⁻. Przy pH=7 stężenia obu form są prawie równe, przy pH > 7 przeważa OCl⁻.

Chlor może się łączyć z niektórymi związkami azotowymi, przede wszystkim amonowymi, tworząc chloroaminy, które ulegają stopniowo hydrolizie i działają bakteriobójczo:



Działanie wolnego chloru użytecznego jest znacznie intensywniejsze i odpowiedni skutek dezynfekcji, przy takich samych stężeniach, uzyskuje się w krótszym czasie niż w obecności chloru związanego.

Siarczany (SO₄²⁻) pochodzą najczęściej z rozpuszczania gipsu (CaSO₄ · 2H₂O) lub anhydrytu (CaSO₄) oraz z oksydacji pirytu (FeS₂). Mogą także pochodzić z rozpuszczania innych ewaporatów. Siarczany tworzą się w trakcie rozkładu organizmów. Stanowią wtedy świadectwo zanieczyszczenia wody. W wodach podziemnych źródłem siarczanów jest utlenianie siarki wprowadzonej do obiegu przez człowieka (spalanie paliw kopalnych, wytop metali z rud siarczkowych, utlenianie siarki organicznej w glebie, ściekach i na składowiskach). Jon siarczanowy, tak jak jon chlorkowy, nie podlega sorpcji w środowisku podziemnym i dlatego obok jonu chlorkowego, jest głównym wskaźnikiem przenikania zanieczyszczeń do wód podziemnych.

Siarczany przechodzą do wód powierzchniowych i podziemnych z gleby, pokładów geologicznych oraz ścieków przemysłowych (fabryk kwasu siarkowego, sztucznego włókna wiskozowego, farbiarni). Duże ich ilości występują w wodach kopalnianych wskutek zachodzących tam procesów rozkładu pirytów. Powstały kwas siarkowy działa rozpuszczająco na złoża naturalne, dając odpowiednie siarczany.

Szkodliwość siarczanów wynika z ich właściwości: wytwarzają kamień kotłowy, powodują korozję betonu i zaprawy cementowej, niszczą murowane kanały.

Występują w wodach w szerokim zakresie stężeń: od kilku do kilku tysięcy mg/dm³. **Wodorowęglany** (HCO₃⁻) występują pospolicie w wodach kontaktujących się z powietrzem. Dostają się do wód w wyniku ługowania skał podłoża, zwłaszcza wapieni i dolomitów oraz minerałów z grupy krzemianów i glinokrzemianów. Kwas węglowy (H₂CO₃), pochodzący z reakcji między wodą a dwutlenkiem węgla, daje w wyniku dysocjacji jony HCO₃⁻. Nie mają one większego znaczenia higieniczno-epidemiologicznego.

Wapń (Ca^{2+}) występuje w wodach powszechnie, a jego głównym dostarczycielem są skały osadowe zawierające wapń (wapienie, dolomity, margle, wapniste piaskowce, gips itp.). Jon wapnia dominuje w wodach o niewielkiej mineralizacji ogólnej. Podwyższona zawartość jonów wapnia w wodach powoduje, że odznaczają się znaczną twardością. Dobbowe zapotrzebowanie wapnia przez organizm ludzki wynosi około $0,7 \div 1,2$ g Ca. Ilości tej nie dostarczają nawet najbardziej twarde wody pitne, dlatego musi być ona uzupełniana przez pokarmy stałe. Występujący w wodzie wapń jest łatwo sorbowalny przez substancje ilaste zawarte w skałach. Uczestniczy też w procesie wymiany jonowej. Antropogenicznym źródłem wapnia są składowiska odpadów przemysłowych.

Magnez (Mg^{2+}), jako dość trudno rozpuszczalny, występuje w wodach w mniejszych ilościach niż wapń (przeciętnie stężenie wynosi 1 : 4), jednak prawie zawsze we wszystkich wodach powierzchniowych i podziemnych. Poza dolomitami najczęstszym źródłem magnezu w wodach jest magnezyt i kizeryt. Źródła antropogeniczne magnezu są podobne jak wapnia. Podobnie jak związki wapnia, związki magnezu powodują twardość wody co utrudnia ich przemysłowe i gospodarcze wykorzystanie. W wodach naturalnych ilość magnezu na ogół nie przekracza 100 mg/dm^3 Mg. Stężenia powyżej 120 mg/dm^3 Mg działają przeczyszczająco.

Sód (Na^+) występuje w wodach powszechnie. Wody podziemne mogą zawierać ilości sodu powyżej 100 mg/dm^3 Na. Szczególnie duże ilości chlorku sodu zawierają solanki. Wody twarde używane do celów przemysłowych, po zmiękczeniu zawierają duże ilości sodu w postaci wodorowęglanu. Organizm ludzki pobiera około 12 g NaCl w ciągu doby, dlatego przeciętne ilości sodu występujące w wodach nie są szkodliwe. Pierwotnym jego źródłem są minerały sodowe. Sód towarzyszy często jonowi chlorkowemu, gdyż podobnie jak on może pochodzić z rozpuszczania ewaporatów, a także z przenoszenia morskich aerozoli na ląd. Jony sodowe pochodzą z wielu antropogenicznych źródeł zanieczyszczeń. Podlegają sorpcji przez minerały ilaste.

Potas (K^+) występuje w wodach w niewielkich ilościach, gdyż znajduje się w podłożu w formach słabo rozpuszczalnych (np. jako składnik ortoklazu i biotyту). W wodach nie zanieczyszczonych stężenie potasu w stosunku do sodu wynosi przeciętnie około 1 : 4.

Jego obecność w wodach może świadczyć o zanieczyszczeniu fekalnym. W obszarach rolniczych potas pochodzi z wymywania nawozów. Jego migracja w środowisku podziemnym jest słaba z uwagi na sorpcje przez minerały ilaste. Należy on do biogenów, czyli minerałów niezbędnych do życia. Znajomość zawartości potasu w wodach potrzebna jest przy badaniu radioaktywności wody, w celu obliczenia naturalnej radioaktywności wywołanej przez izotop K-40.

Fosfor (P) występuje w wodach w czterech formach: nierozpuszczalnych związków mineralnych, związków organicznych wbudowanych w biomasę, związków organicznych uwalnianych z biomasy oraz fosforanów – rozpuszczalnych w wodzie. Rośliny przyswajają tylko ortofosforany (PO_4^{3-}) pochodzące z utleniania fosforu organicznego, stanowiącego jeden z ważnych budulców organizmów. Związki fosforu

ulegają w przyrodzie podobnym przemianom jak związki azotowe, przy czym fosforany są ostatnim stadium mineralizacji. Związki fosforu i azotu występują na ogół równolegle i ich znaczenie przy ocenie wody do picia jest podobne. Pochodzenie fosforu w wodach naturalnych jest wynikiem rozkładu związków organicznych roślinnych i zwierzęcych, spływu z pól nawożonych nawozami fosforowymi oraz z zanieczyszczeń ściekami przemysłowymi. Fosforany są jednym z podstawowych czynników biogennych, powodujących masowy rozwój glonów. Niewielkie stężenie fosforu, od 0,005–0,01 mg/dm³, jest wystarczające do ich przyspieszonego rozwoju, co stanowi wysoce niekorzystne zjawisko, prowadzące do eutrofizacji wód powierzchniowych. Obecność fosforanów w wodzie wodociągowej lub w wodzie przechowywanej sprzyja rozwojowi mikroorganizmów. Fosforany w ilościach normalnie występujących w wodach pitnych nie są szkodliwe dla zdrowia.

Żelazo (Fe) w postaci jonów żelazowych (Fe³⁺) i żelazawych (Fe²⁺) występuje w wodach w niewielkich ilościach, w formie rozpuszczonej, koloidalnej lub jako zawiesina. Jego znaczenie dla jakości wody jest duże. Związki żelaza (II) łatwo utleniają się do żelaza (III), które wytrącają się w postaci wodorotlenku żelazowego lub tlenków żelaza. Pochodzenie żelaza w wodzie jest różnorodne: mineralne i organiczne. Pierwotnymi minerałami, które podlegają rozpuszczeniu w wodzie, są np. biotyt i magnetyt. W obszarach podmokłych żelazo występuje w związkach humusowych, w postaci nieorganicznych lub organicznych kompleksowych związków żelaza, tworząc koloidy. Tendencja żelaza do łatwego wytrącania powoduje, że jego stężenie może się zmieniać w wodach podziemnych w zależności od miejsca. Wody dobrze natlenione praktycznie są pozbawione żelaza. Znaczny udział w wiązaniu żelaza mają bakterie żelazowe.

Żelazo pogarsza właściwości smakowe wody i powoduje jej mętność. Wytrącone związki żelaza powodują nagromadzenie osadu w przewodach i na filtrach, powstawanie plam przy praniu bielizny. Osady utrudniają swobodny przepływ wody przez sieć wodociagową.

Mangan (Mn²⁺) występuje w wodzie obok większych ilości żelaza, jest go jednak około 6 ÷ 10 razy mniej. Pochodzi z resztek roślinnych, z gleby oraz z zanieczyszczeń, głównie przemysłowych. Mangan stanowi poważny problem, gdy ulegnie wytrąceniu. Wytrącenia manganu mają ciemną, wręcz czarną barwę, powodującą brunatne plamy na urządzeniach sanitarnych i bieliźnie. Zawartość manganu wynosząca ponad 0,1 mg/dm³ Mn może być przyczyną gorzkiego smaku wody. Znaczne ilości manganu pojawiają się w wodach odpadowych z kopalń i zakładów metalurgicznych oraz w wodach zakwaszonych. Mangan tworzy kompleksowe związki z materią organiczną.

Glin (Al³⁺) stanowi dość powszechny składnik skał i minerałów, gleby, roślin i tkanek zwierzęcych. W wodzie glin pochodzi z rozpuszczania skał i składników gleby. Szczególnie intensywne rozpuszczanie zachodzi wtedy, gdy wody pochodzące z kwaśnych deszczów przemijają utwory powierzchniowe o słabych właściwościach buforujących. W obszarach występowania kwaśnych i równocześnie miękkich wód stężenie glinu wynosi 200–300 µg/dm³, a w obszarach wylesionych sięga

nawet $600 \mu\text{g}/\text{dm}^3$. Źródłem glinu w wodzie pitnej mogą być powszechnie używane naczynia aluminiowe. Znaczną zawartość glinu zawiera też herbata. Stwierdzono, że rozpuszczalność glinu jest większa w wodzie zawierającej fluor. Glin uważany jest za sprawcę choroby Alzheimera, przejawiającej się poważnymi zaburzeniami neurologicznymi.

Fluorki (F^-) występują w warunkach naturalnych w niskich stężeniach. Pochodzą z rozpuszczania fluorytu oraz minerałów: apatyty i miki. Dostarczycielami fluoru w wodach są gazowo-pyłowe emisje z elektrolitycznej produkcji glinu, emisje z fabryk nawozów fosforowych, cegielni, przemysłu szklarskiego i emalierskiego oraz stosowane w rolnictwie nawozy fosforowe, które zawierają do 1% fluoru. Źródłem fluoru w wodach mogą być wmywane z niektórych odpadów związku tego pierwiastka.

W wodach fluor występuje w postaci różnych związków, najczęściej w postaci fluorku wapnia (CaF_2). Niewielkie ilości fluoru są niezbędne do prawidłowego rozwoju kości i uzębienia (zawartość fluoru około $0,8 \div 1,2 \text{ mg}/\text{dm}^3 \text{ F}$), lecz jego nadmiar prowadzi do chorób zwyrodnieniowych, tzw. fluorozy i próchnicy. Wody występujące na obszarach Polski wykazują niedobór fluorków, wyrażający się stężeniem $0,5 \text{ mg}/\text{dm}^3 \text{ F}$. Jedynie w rejonach nadmorskich wykazują zawartość ponad $1,0 \text{ mg}/\text{dm}^3 \text{ F}$.

Metale ciężkie

Przyjmuje się, że metale ciężkie są to pierwiastki, których liczba atomowa jest wyższa niż 20 (ich właściwością chemiczną jest gęstość powyżej $4,5 \text{ g}/\text{cm}^3$), z wyłączeniem metali ziem alkalicznych, lantanowców i aktynowców. W wodzie metale ciężkie występują w postaci jonowej. Należą do nich arsen, brom, kadm, chrom, miedź, ołów, rtęć, nikiel, selen, srebro, cynk i inne. Największą szkodliwość wykazują ołów, kadm i rtęć. Pomimo niewielkich stężeń, w jakich występują, metale ciężkie są toksyczne dla organizmów, w tym dla człowieka. Stężenia pierwiastków w wodach przekraczające wartości tła geochemicznego wskazują na istnienie obcych źródeł zanieczyszczeń wód powierzchniowych.

Ilość metali ciężkich rozpuszczonych w wodzie zależy od jej składu fizyko-chemicznego oraz stężenia metali.

Postać w jakiej metale ciężkie występują w wodzie, zależy głównie od ich stężenia, zawartości rozpuszczonego tlenu, odczynu, twardości węglanowej oraz obecności substancji organicznych.

W wodach pozbawionych substancji organicznej metale ciężkie występują w postaci jonowej lub połączeń nieorganicznych, których rodzaj zależy od anionów obecnych w roztworze.

Oprócz jonowej formy metali i połączeń nieorganicznych obecne są w wodzie połączenia metaloorganiczne, których trwałość zależy od rodzaju ligandów i składu fizyko-chemicznego wody. W wodach zawierających ligandy organiczne (tworzące połączenia metaloorganiczne z jonami metali ciężkich) istnieją konkurencyjnie połączenia organiczne i nieorganiczne. W obecności ligandów organicznych zmienia się chemizm wybranych metali ciężkich.

O całkowitej zawartości w wodzie metali ciężkich decydują ilości metali rozpuszczonych w wodzie i unoszonych z zawiesinami. Rozpuszczalność metali ciężkich w wodzie maleje ze wzrostem pH i twardości węglanowej roztworu. W wodach zawierających tlen, przy odczynie kwaśnym przeważa jonowa postać i rozpuszczalne w wodzie kompleksy nieorganiczne metali, zaś w zakresie odczynu bliskiego obojętnemu, obecne są w wodzie głównie węglany metali. W środowisku alkalicznym powstają trudno rozpuszczalne wodorotlenki metali, a nadmierny wzrost stężenia jonów OH^- powoduje tworzenie rozpuszczalnych w wodzie hydroksykompleksów niektórych metali. W warunkach beztlenowych w obecności siarki w zakresie $\text{pH} = 0 \div 14$ metale tworzą trudno rozpuszczalne siarczki.

Siła wiązania adsorpcyjnego metali przez zawiesiny zwiększa się ze wzrostem pH wody i powierzchni właściwej zawiesin, a gradient stężenia metali ciężkich unoszonych z zawiesinami zwiększa się wraz z głębokością. Sorpcja metali ciężkich na zawiesinach, a następnie ich strącanie do osadów dennych odgrywają rolę mechanizmów usuwających metale ciężkie z wód. W osadach dennych występują więc znaczne ilości metali ciężkich. W osadzie dennym pierwiastki metali ciężkich mogą być wiązane w wyniku wymiany jonowej, adsorpcji na powierzchni drobnych cząsteczek, reakcji z ligandami organicznymi i nieorganicznymi oraz współstrącania z tlenkami i wodorotlenkami żelaza i manganu. Naturalnymi sorbentami metali ciężkich są minerały ilaste, tlenki żelaza i manganu oraz substancje organiczne, w tym trudno rozpuszczalne w wodzie frakcje związków humusowych. Zgromadzone w osadzie dennym metale ciężkie są źródłem wtórnego zanieczyszczenia wód. Powrót metali ciężkich z osadów dennych do wody możliwy jest w wypadku zwiększonego natężenia przepływu, obniżenia wartości pH wody, deficytu tlenu, obecności w wodzie substancji remobilizujących metale, którymi najczęściej są ligandy organiczne.

Mobilność metali ciężkich zależy w dużym stopniu od zakwaszenia oraz zawartości koloidów organicznych i mineralnych w pokrywach wietrzelinowych i glebowych.

Metale ciężkie, jako substancje nie podlegające biodegradacji, ulegają **biokumulacji** w organizmach żywych. W kolejnych ogniwach łańcucha pokarmowego organizmów może następować sukcesywne zwiększanie zawartości metali. Proces taki nazywa się **biomagnifikacją**. W wyniku biokumulacji i biomagnifikacji stężenia metali w organizmach żywych wielokrotnie mogą przekraczać stężenia spotykane w wodzie i w osadach dennych rzek i jezior.

Ołów (Pb^{2+}) – niewielkie jego ilości w środowisku naturalnym mogą pochodzić z wietrzenia minerałów zawierających ten pierwiastek, np. galeny. Ołów jest silnie sorbowany przez minerały ilaste i materię organiczną, dlatego jest słabym migrantem w środowisku wodno-glebowym. Do środowiska glebowego dostarczany jest z powietrza i gleby, skąd tylko w znikomej części przedostaje się do wód gruntowych, przy czym wody miękkie sprzyjają rozpuszczalności tego pierwiastka. Rozpuszczalność ołowiu wzrasta gdy pH wody spada poniżej 8. Posiada silne właściwości toksyczne oraz zdolności kumulowania się w organizmie żywym. Hamuje procesy biochemicznego rozkładu substancji organicznych, wykazuje ujemny wpływ

na pracę biologicznych oczyszczalni ścieków, opóźnia procesy samooczyszczania się wód powierzchniowych (wskutek hamowania procesów biochemicznych), pogarsza własności organoleptyczne wody.

Rtęć (Hg^{2+}) – naturalnym jej źródłem w środowisku są wietrzejące skały oraz gazy uwalniane w procesach wulkanicznych. Sztuczne źródła rtęci to paleniska paliw płynnych i stałych (kopalnych), przemysłowe procesy elektrolityczne, środki grzybobójcze stosowane w rolnictwie oraz ścieki przemysłowe. Rtęć występuje w wodzie jako jon Hg^{2+} , Hg_2^{2+} , Hg^0 oraz w formie jonów kompleksowych. Organiczne związki rtęci występujące w wodach to metylortęć (CH_3Hg^+), etylortęć ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Hg}^+$) i fenylortęć ($\text{C}_6\text{H}_5\text{Hg}^+$).

Oznaczanie rtęci jest istotne z uwagi na wysoką toksyczność w stosunku do organizmów żywych. Związki rtęci ujemnie wpływają na procesy samooczyszczania wód wskutek hamowania procesów biochemicznych.

Kadm (Cd^{2+}) – w warunkach naturalnych nie występuje w wodzie. Kadm ulega silnemu wiązaniu przez skały ilaste, dlatego jego wędrówka do wód jest znacznie opóźniona. Jego źródłem w środowisku jest elektroenergetyka, kopalnictwo, przemysł tworzyw sztucznych, oświetleniowy, lakierniczy oraz nawozy fosforowe stosowane w rolnictwie.

Kadm jest pierwiastkiem silnie toksycznym. W organizmach żywych wywołuje anemię, zmiany zawartości potasu i magnezu we krwi, chorobę nadciśnieniową, uszkadza nerki i odwapnia kości.

Substancje radioaktywne

Radioizotopy występujące w wodach są pochodzenia naturalnego i sztucznego. Źródłem radionuklidów naturalnych, emitujących promieniowanie α , są skały podłoża geologicznego zawierające uran-234 i uran-238. Produktem rozpadu uranu jest rad-226, który z kolei rozpada się na radon-222.

Rad (Ra-226) – spośród izotopów radu najbardziej stabilny jest Ra-226 (okres połowicznego zaniku wynosi 1622 lata). Występuje w wodzie w postaci rozpuszczonej lub może wytrącać się w postaci siarczanów radu, np. w wodach kopalnianych, z którymi trafia do wód powierzchniowych. Osady dennie takich cieków wodnych mogą odznaczać się podwyższoną promieniotwórczością, nawet około 1000 razy większą od wartości tła naturalnego. Wysoką radioaktywnością odznaczają się także solanki towarzyszące złożom ropy naftowej.

Radon (Rn) – szlachetny gaz radioaktywny, powstaje w procesach rozpadu szeregów uranowych z radu: $\text{Ra-226} \rightarrow \text{Rn-222} + \text{alfa}$. Oprócz Rn-222 w przyrodzie występują jeszcze dwa izotopy: Rn-219 i Rn-220, o bardzo krótkich okresach połowicznego rozpadu. Rn-222, jako stosunkowo trwały izotop, nie tworzy połączeń z żadnymi pierwiastkami. W postaci gazowej migruje w skałach podłoża ku powierzchni ziemi i ulatnia się do atmosfery. Przemieszczając się przez utwory zawodnione, ulega rozpuczeniu. Jego nagromadzenie następuje wtedy, gdy zatrzymany zostanie w nieprzepuszczalnych pułapkach geologicznych i budowlanych. Występuje we wszystkich rodzajach gleb. Szczególnie związany jest z minerałami: uranitem (UO_2), cyrkonem (ZrSO_4) i apatylem ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3$).

Izotopy sztuczne emitują promieniowanie β . Należą do nich kobalt-60, stront-89, stront-90, jod-131, cez-134, cez-137 oraz ołów-210 i radon-210.

Azbest i cyjanki w wodach

Azbest jest minerałem z grupy serpentynów i amfiboli. Składa się z krzemu, tlenu, wodoru i metali, takich jak sód, magnez, wapń i żelazo. Ma postać bardzo cienkich włókien o grubości do 0,1 μm . Azbest pochodzenia naturalnego występuje w wodach wskutek wymywania minerałów i rud zawierających azbest, a także wyplukiwania skał i gleb. Podwyższone stężenia azbestu posiadają wody kopalniane. Azbest znajduje się także w opadach atmosferycznych. Azbest pochodzenia sztucznego, o własnościach zbliżonych do naturalnego azbestu, stanowią amorficzne włókna wyprodukowane ze stopionego szkła, skały i żużlu (np. wełna mineralna, wata szklana). W wodach niezanieczyszczonych stężenie azbestu wynosi około 1 mln włókien azbestu/ dm^3 . Ilości te są wynikiem erozji gleb i stanowią zanieczyszczenie naturalne.

Azbest wykazuje silne właściwości rakotwórcze (rak płuc) oraz wywołuje chorobę zwaną azbestozą. W żadnym kraju na świecie nie określono limitów azbestu w wodzie.

Cyjanki (CN^-) są solami cyjanowodoru (HCN – tzw. kwas pruski), dobrze rozpuszczalnego w wodzie i silnie toksycznego. W wodzie cyjanki mogą występować jako HCN i CN^- (cyjanki proste) oraz w postaci kompleksów. Anion CN^- ma właściwości ligandu i tworzy kompleksy z wieloma metalami.

Proste cyjanki i niektóre kompleksy cyjankowe w środowisku wodnym ulegają przemianom chemicznym i biochemicznym, hydrolizie i utlenianiu. Cyjanki proste łatwo ulegają w wodzie rozkładowi, który zachodzi szybciej w obecności wolnego CO_2 . Cyjanki kompleksowe odprowadzane do wód mogą się w nich długo utrzymywać, powoli rozkładając się do cyjanków prostych.

Cyjanki proste są silnie toksyczne. Toksyczność cyjanków kompleksowych zależy od ich trwałości. Mniej stabilne kompleksy cyjanków są bardziej toksyczne.

Związki organiczne

Substancje organiczne występujące w wodach składają się ze związków proteiny, węglowodanów, węglowodorów, aminokwasów, estrów, tłuszczów, detergentów, aldehydów, ketonów, fenoli, substancji humusowych, kwasów nukleinowych i wielu innych. Występują w różnych kombinacjach chemicznych. Pochodzenia organicznego są także substancje bitumiczne, ropa naftowa i substancje ropopochodne. Liczną grupę substancji organicznych stanowią środki ochrony roślin. Szkodliwość substancji organicznych polega na zużywaniu, w procesie ich mineralizacji, zawartego w wodzie tlenu. Odznaczają się także znaczną toksycznością.

Związki organiczne dzieli się na trzy grupy:

1. **związki acykliczne** (alifatyczne) o prostym lub rozgałęzionym łańcuchu, złożonym z atomów węgla (łańcuch otwarty). Mogą to być węglowodory nasycone (alkany) o ogólnym wzorze $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ lub węglowodory nienasycone: alkeny (olefiny) C_nH_{2n} i alkiny $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$.

2. **związki karbocykliczne** mające w swej cząsteczce pierścienie złożone z atomów węgla (mające zamknięty łańcuch atomów węgla). Dzieli się je na dwie grupy:
 - **alicykliczne**: związki podobne pod względem właściwości do węglowodorów alifatycznych (np. cyklopropan). Są stosowane także nazwy cykloalkany, cykloparafiny lub nafteny (np. cyklopropan).
 - **aromatyczne**: zawierające pierścień benzenowy, tj. pierścień złożony z sześciu atomów węgla (np. benzen).
3. **związki heterocykliczne** zawierające w cząsteczce pierścienie, w których oprócz atomów węgla są obecne atomy innych pierwiastków (np. siarki, azotu, tlenu, chloru). Przykładem tych związków jest pirydyna

W zależności od budowy chemicznej substancje organiczne występujące w wodach dzieli się na (Packham, 1981):

- **Węglowodory**: alifatyczne węglowodory nasycone i nienasycone; węglowodory alicykliczne; węglowodory aromatyczne; wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne.
- **Związki halogenowane**: halogenowane związki aromatyczne; halogenowane związki aromatyczne; halogenowane etery; inne związki halogenowane.
- **Kwasy karboksylowe i estry**: kwasy; estry kwasów karboksylowych.
- **Inne związki tlenowe**: ketony; aldehydy; etery; alkohole; inne związki.

Pod względem pochodzenia związki organiczne występujące w wodach pitnych dzieli się na dwie kategorie:

- **Związki organiczne naturalne**, występujące powszechnie: białka, węglowodany, oleje, woski, celuloza, skrobia, chlorofil i inne związki syntetyzowane przez organizmy wodne lub będące ich metabolitami. Ich istnienie w wodach jest związane z procesami rozkładu organizmów i przedostawaniem się do wody lotnych substancji uwalnianych do atmosfery w trakcie spalania, a następnie opadających. Dostarczycielami substancji organicznej pochodzenia naturalnego są także zakłady przemysłu spożywczego (mięsnego, rolnego).
- **Związki organiczne pochodzenia obcego**, wytwarzane w drodze biosyntezy i związki syntetyzowane przez człowieka, dzieli się na pochodzenia przemysłowego i rolniczego: wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), polichlorowane bifenyly (PCB), chlorowane związki organiczne (ChZO), fenole, alkohole, organiczne pestycydy, związki refrakcyjne. Szczególnego znaczenia nabierają detergenty, które zalicza się do środków powierzchniowo czynnych (SPC). Zanieczyszczenia przemysłowe to różnego rodzaju rozpuszczalniki, substancje czyszczące, odtłuszczacze, produkty ropopochodne i plastikowe w różnych odmianach. Zwykle są to substancje toksyczne i rakotwórcze. Pod względem składu chemicznego substancje te odznaczają się ogromną różnorodnością. Jedną z pierwszych szkodliwych substancji tego typu był trójchloroetylen, popularny jako środek czyszczący (TRI). Inne ważne związki chemiczne z tej grupy to: dwuchlorometan, trój-

chlorometan (chloroform), 1,1,1-trójkloroetan, tetrachloroetan. Substancje te odznaczają się dużą lotnością, a ich rozpad w atmosferze może trwać do 3 miesięcy. W związku z tym ich cząsteczki mogą być wymywane z atmosfery przez wody opadowe i powracać na powierzchnię ziemi.

- **Związki organiczne sztucznie wytworzone** są w znacznej części pochodnymi substancji występujących w węglu i ropie naftowej, które nie zawierają węgla radioaktywnego C14. Natomiast w związkach organicznych powstających w sposób naturalny występuje C14. Związki organiczne sztucznie wytworzone odróżnia się metodą pomiaru węgla radioaktywnego. Pomiar polega na wyekstrahowaniu substancji organicznych z wody i oznaczeniu zawartości C14.

Liczną grupę powszechnie występujących związków syntetycznych stanowią **wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)**. Reprezentują grupę związków organicznych rakotwórczych. Są szeroko rozpowszechnione w środowisku, występując w powietrzu, glebie, wodach powierzchniowych i podziemnych oraz w żywności. Są one składnikiem ropy i produktów ropopochodnych oraz produktem spalania paliw ropopochodnych i niepełnego spalania innych substancji organicznych. Istotnym źródłem WWA są ścierające się opony samochodowe i nawierzchnie dróg. Szczególnie zagrożenie stwarzają ścieki przemysłu koksowniczego, rafineryjnego, odgazowania węgla. WWA są związkami słabo rozpuszczalnymi w wodzie, sorbowane są z dużą wydajnością na zawiesinach i biosorbentach, stąd gradient ich stężenia zwiększa się wraz z głębokością wody, osiągając wartość maksymalną w osadach dennych.

Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) w 1964 r. zaproponowała kontrolę zawartości w wodzie do picia sześciu reprezentatywnych związków dla całej grupy WWA: benzo(a)pirenu, benzo(a)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, benzo(g, h, i)peryleny, fluorantenu i indeno(1,2,3-c,d)pirenu, zalecając sumaryczne stężenie 200 ng/dm³ wymienionych węglowodorów, jako maksymalne dopuszczalne. Nowe wytyczne WHO z 1993 r. dotyczące najwyższych zawartości składników o znaczeniu zdrowotnym w wodzie do picia uwzględniają tylko benzo(a)piren. Największe stężenie o dopuszczalnej zawartości w wodzie wynosi około 700 ng/dm³.

Wśród substancji stosowanych w rolnictwie największy problem stanowią **pestycydy**. Dopuszczalne, graniczne, sumaryczne stężenia insektycydów chloroorganicznych określa się na poziomie do 0,05 µg/dm³ oraz insektycydów fosforoorganicznych i karbaminianowych na poziomie 1,0 µg/dm³ w wodach powierzchniowych śródlądowych wszystkich klas czystości.

Pochodne ropy naftowej obejmują m.in. oleje mineralne, które mogą występować w postaci rozpuszczonej, emulsji oraz zawiesiny. Słabo rozpuszczają się w wodzie i ich rozpuszczalność w wodzie maleje wraz ze wzrostem masy cząsteczkowej. Kumulują się w osadach dennych. Rozpuszczalność olejów mineralnych zwiększają inne zanieczyszczenia organiczne, np. rozpuszczalniki, SPC, stąd wraz z ogólnym poziomem zanieczyszczenia wody rośnie niebezpieczeństwo powrotu do wód zdeponowanych w osadach pochodnych ropy naftowej. Miarą stężenia olejów mineral-

nych jest wskaźnik substancji ekstrahujących się (SE) z wód, określający łączną ilość olejów mineralnych i tłuszczów obecnych w badanym roztworze i ekstrahujących się rozpuszczalnikami organicznymi. Wartość SE zależy od rodzaju rozpuszczalnika.

Dopuszczalne stężenie substancji ekstrahujących się eterem naftowym w wodach powierzchniowych wynosi: dla wód klasy I – 5 mg/dm³; klasy II – 15 mg/dm³; klasy III – 40 mg/dm³.

Substancje powierzchniowo czynne (SPC) obecne są przede wszystkim w wodach płynących przez tereny nie posiadające kanalizacji. Stanowią szczególnie uciążliwe zanieczyszczenie zwiększają bowiem rozpuszczalność w wodzie wielu innych zanieczyszczeń. Należą do nich środki piorące, emulgujące, pieniące, zwilżające, dezynfekujące, flotujące i inne. Gromadzą się na powierzchni cieczy, zmniejszając napięcie powierzchniowe na granicy fazy ciekłej (wody) i fazy stałej (substancji pranej). Są środkami pianotwórczymi, stąd pierwszym wizualnym objawem ich obecności w wodach powierzchniowych jest unosząca się na wodzie piana. Powoduje ona ograniczenie intensywności natleniania wód, a tym samym ograniczenie ich zdolności do samooczyszczania się. Powodują długie utrzymywanie się emulsji olejowych w wodzie. Ponadto zawierają fosforany przyczyniając się do wzrostu eutrofizacji wód.

Podstawowymi SPC są **mydła**, czyli sole sodowe lub potasowe wyższych kwasów tłuszczowych, głównie kwasu stearynowego, palmitynowego i oleinowego. Powstają w procesie zwanym zmydleniem, w wyniku reakcji tłuszczu zwierzęcego (smalec, łój, sadło) lub tłuszczu roślinnego (olej bawełniany, oliwa) z wodorotlenkiem sodu lub potasu. Jako wzór chemiczny mydła przyjmuje się stearynian sodowy C₁₇H₃₅COONa.

Syntetyczne SPC zwane są **detergentami**. Ze względu na budowę chemiczną dzieli się je na anionowe (stanowią około 60% wszystkich produkowanych obecnie SPC), kationowe i amfoteryczne (łącznie – 10%), niejonowe (ok. 30%).

Substancje humusowe (SH) są bezpostaciowym, brązowym (do czarnego), naturalnym produktem rozkładu substancji organicznych pochodzenia roślinnego i zwierzęcego: lignin, białek, tłuszczów, garbników, wielocukrów, pektyn. Są mieszaniną wielu związków powstałą w procesie humifikacji. Są trudno rozpuszczalne lub nierozpuszczalne w wodzie i bardzo powoli się biodegradują. W zależności od rozpuszczalności w rozcieńczonych kwasach i zasadach dzielą się na:

1. **kwasy huminowe**: rozpuszczalne w roztworze zasadowym i wytrącające się w roztworze kwasu solnego,
2. **kwasy fulwowe**: rozpuszczalne w roztworach kwaśnych (przy pH ~ 1) i zasadowych,
3. **huminy**: nierozpuszczalne ani w roztworach kwaśnych, ani w zasadowych.

Obecność SH w wodach nadaje im barwę od żółtej do żółto-brązowej, w zależności od stężenia. Największą zdolność wytwarzania barwy wykazują kwasy huminowe.

SH mają zdolność tworzenia kompleksów z jonami metali: Fe³⁺, Al³⁺, Cu³⁺. Kompleksy są mało trwałe i jony metali łatwo są wydzielane do wody.

SH mają właściwości adsorpcyjne w stosunku do wielu związków organicznych, np. pestycydów. Ważną ich cechą jest zwiększenie rozpuszczalności związków organicznych, w tym „kompleksowanie” substancji toksycznych (rozpuszczalność DDT w roztworze zawierającym sole sodowe kwasów huminowych jest 20 razy większa niż w czystej wodzie).

Halogenowe węglowodory alifatyczne – są produktami reakcji halogenów z węglowodorami. Najczęściej występują chlorowane węglowodory. Dzieli się je na nisko- i wysokocząsteczkowe.

Niskocząsteczkowe węglowodory alifatyczne są to halogenowe pochodne metanu lub związków C_2 (etanu, etylenu) i są łatwo lotne. Zalicza się do nich: chlorek metylu, chlorek metylenu, chloroform, tetrachlorek węgla, chlorek winylu, dichloroetylen, trichloroetylen, chlorek etylu i wiele innych.

Wysokocząsteczkowe węglowodory alifatyczne mają złożoną budowę i są zazwyczaj nielotne lub bardzo mało lotne. Zalicza się do nich chlorowane ligniny i chlorowane substancje humusowe. Są trudne do oznaczania, stąd oznacza się wszystkie związki organiczne zawierające atomy halogenów (głównie chloru). Nazywają się ogólnie: adsorbujące się organiczne halogeny (AOX) i są bardzo wysoko toksyczne. Należą do nich, m.in.: trihalometany (THM, zwane też haloformami) – związki o wzorze ogólnym CHX_3 , gdzie X oznacza halogeny: F, Cl, Br, J. Głównymi przedstawicielami są: chloroform (trichlorometan – $CHCl_3$), bromodichlorometan ($CHCl_2Br$); dibromochlorometan ($CHClBr_2$); bromoform (tribromometan ($CHBr_3$)). Jeżeli trihalometany powstają w reakcji chloru z różnymi związkami organicznymi, to te ostatnie zawsze są w takim przypadku **prekursorami** trihalometanów.

Poza trihalometanami w wodach występują inne węglowodory halogenowane, które są stosowane w dużych ilościach w przemyśle jako rozpuszczalniki oraz półprodukty do wielu reakcji chemicznych. Spalanie odpadów PCW prowadzi do wprowadzenia do atmosfery znacznych ilości niskocząsteczkowych węglowodorów halogenowanych, które wraz z opadami wracają do gleby i wód powierzchniowych. Ponadto monomer chlorku winylu występuje w wodzie przy stosowaniu rur z PCW słabo spolimeryzowanego.

Węglowodory halogenowane są szkodliwe dla organizmów wodnych i człowieka. Wiele z nich wykazuje właściwości rakotwórcze. Dopuszczalne stężenia THM w wodzie do picia, zalecane przez WHO, wynoszą: tetrachlorek węgla – $3 \mu\text{g}/\text{dm}^3$; chloroform – $30 \mu\text{g}/\text{dm}^3$; 1,2-dichloroetan – $10 \mu\text{g}/\text{dm}^3$; 1,1-dichloroetylen – $3 \mu\text{g}/\text{dm}^3$; tetrachloroetylen – $10 \mu\text{g}/\text{dm}^3$; trichloroetylen – $30 \mu\text{g}/\text{dm}^3$.

Do **chlorowanych związków aromatycznych** należą: polichlorowane terfenyly (PCT), chlorowane benzeny i najważniejsze z nich chlorowane związki organiczne (PCB).

Chlorowane związki organiczne (PCB) – są związkami niejonowymi o bardzo małej rozpuszczalności w wodzie. Mają właściwości lipofilne i są rozpuszczalne w wielu rozpuszczalnikach organicznych. Rozpuszczalność PCB w wodzie maleje wraz ze wzrostem liczby atomów chloru w cząsteczce. Są związkami trudno rozkładającymi się i długo utrzymują się w środowisku (okres półtrwania wynosi

10 ÷ 15 lat). Właściwości hydrofobowe PCB powodują, że mogą gromadzić się na granicy faz woda–powietrze, co powoduje szybsze ich utlenianie się. PCB absorbują się na cząstkach stałych, a głównie na materii organicznej. Duże zdolności absorbowania PCB mają substancje humusowe.

PCB wprowadzone do wód łatwo adsorbują się na zawiesinach i osadach dennych. Łatwo ulegają biokumulacji w łańcuchu pokarmowych i w organizmach żywych. Z tego względu dopuszczalna zawartość PCB w jadalnych częściach ryb wynosi: 1,2 mg/dm³ dla „Aroclor 1221”; 60,9 mg/dm³ dla „Aroclor 1260” i 0,005 mg/dm³ dla: „Aroclor 1254”.

Dioksyny stanowią rodzinę związków organicznych o zbliżonej strukturze pierścieniowej, podobnych właściwościach fizyko-chemicznych i mechanizmie toksyczności. Charakteryzują się obecnością w cząsteczce chloru o różnym stopniu podstawienia. W wyniku różnego podstawienia chloru rozpoznano:

- polichlorowane dibenzo-p-dioksyny (w skrócie PCDDs), obejmujące 75 różnych związków;
- polichlorowane dibenzofurany (w skrócie PCDFs), obejmujące 135 różnych związków;
- polichlorobifenyle, PCBs;
- polichloronaftaleny, PCNs.

Matką dioksyn (prekursorem) jest dibenzo-p-dioksyna o cząsteczce składającej się z dwóch pierścieni benzenowych połączonych atomami tlenu. Cząsteczka dibenzo-p-dioksyny posiada osiem atomów wodoru (8 pozycji), które mogą być podstawione organicznymi lub nieorganicznymi atomami czy rodnikami. Najbardziej niebezpieczne podstawienia tworzy chlor, mogący zajmować wszystkie możliwe do podstawienia pozycje, czyli od 1 do 9. Dla organizmów żywych, w tym i człowieka, najgroźniejszą, najbardziej toksyczną dioksyną jest związek z grupy PCDDs zawierający cztery atomy chloru, o nazwie 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioksyna (2,3,7,8-TCDD).

Zawartość dioksyn w wodach nie jest dotychczas oznaczana w Polsce.

Ftalany to diestry kwasu ftalowego. Kwasami ftalowymi nazywane są kwasy benzenodikarboksyłowe, które występują jako izomery orto-, meta- i para-. Do najważniejszych ftalanów należą: ftalan dimetylu (DMP), ftalan dietylu (DEP), ftalan dibutyłu (DBP), ftalan benzylobutyłu (BBP), ftalan dietyloheksylu (DEHP), ftalan diizodecyłu (DIDP). Ftalany stosowane są głównie jako plastyfikatory przy produkcji tworzyw sztucznych (np. polichloroku winylu), z których mogą być wmywane (np. butelek i przewodów polietylenowych). W środowisku wodnym rozkładają się bardzo powoli.

Fenole są to połączenia pierścienia lub pierścieni aromatycznych z jedną lub wieloma grupami wodorotlenowymi. Ogólny wzór fenoli Ar-OH (Ar-aryl). Najprostszy i najczęściej występujący jest związek jednowodorotlenowy – fenol C₆H₅OH. Od jego nazwy pochodzi cała grupa związków fenolowych, do których zalicza się także krezole i butylofenol. Z grupy fenoli dwuwodorotlenowych istotne są pirokatechina, rezorcyna i hydrochinon. Istnieją również fenole wielowodorotlenowe, jak np. trójwodorotleno-

we: pirogallol, fluorogłucyna, hydroksyhydrochinon. Fenole występują w znacznych ilościach w ściekach z koksowni, gazowni, zakładów zgazowywania paliw stałych, przeróbki ropy naftowej, produkcji tworzyw sztucznych, barwników, środków ochrony roślin i in. Fenole są także produktami przemiany materii i mogą znajdować się w moczu zwierząt, mogą być również wydzielane przez roślinność wodną.

Fenole są substancjami toksycznymi, wykazującymi właściwości dezynfekcyjne. Podczas chlorowania wody i ścieków fenol łatwo przechodzi w chlorofenol orto- lub para-, związek o bardzo nieprzyjemnym zapachu już w niewielkich stężeniach. Chlorofenole mają zapach 100–1000 razy intensywniejszy od zapachu fenolu. Nadmiar chloru prowadzi do powstania 2,4,6-trichlorofenolu, zaś w obecności bromu mogą się tworzyć brofenole.

Biologiczne właściwości wody

Biologiczne właściwości wody określają organizmy ją zasiedlające. Ich różnorodność jest olbrzymia i stwierdzenie niektórych grup jest istotne z uwagi na patogenne właściwości wobec ludzi i zwierząt. Rodzaj organizmów żywych zależy od składu wody, czynników: fizycznych (energii świetlnej, temperatury i prędkości przepływu wody) oraz biologicznych. We wszystkich wodach żyją bakterie, które w większości są saprofitami. Bakterie saprofityczne nie wpływają na wartość higieniczną wody i są naturalnymi przeciwnikami bakterii chorobotwórczych. W rozwoju bakterii saprofitycznych przeszkadza zbyt niska temperatura.

Do najczęściej występujących **patogenów** należą **bakterie** z rodzaju:

Salmonella paratyphi – pałeczka duru rzekomego,

Salmonella typhi – pałeczka duru brzuszego,

Shigella shigae – pałeczka czerwonki,

Klebsiella pneumoniae – pałeczka zapalenia płuc,

Brucella abortus – pałeczka Banga,

Vibrio cholerae – przecinkowiec cholery,

Diplococcus pneumoniae – dwoinka zapalenia płuc

Neisseria meningitidis – dwoinka zapalenia opon mózgowych

Mycobacterium tuberculosis – prątek gruźlicy

Bacillus anthracis – laseczka wąglika

Staphylococcus aureus – gronkowiec złocisty

Bakterie grupy coli, jak *Escherichia coli*, żyjące w przewodzie pokarmowym zwierząt ciepłolubnych, nie wywołują efektów chorobowych, ale ich obecność świadczy o zanieczyszczeniu wody fekaliami i wskazuje na potencjalne niebezpieczeństwo występowania bakterii chorobotwórczych. Oznacza się także bakterie *Pseudomonas aeruginosa* będące potencjalnym czynnikiem chorobotwórczym, które odporne są na dezynfekcję wody chlorem.

Wirusy, stanowiące cząsteczki kwasów nukleinowych (DNA i RNA) otoczone przez osłonę proteinową, odznaczają się długą przeżywalnością i w niewielkim stopniu usuwane są w trakcie klasycznego uzdatniania wody. Podobnie jak bakterie źródłem najczęstszego ich występowania są fekalia.

Do innych wodnych organizmów, należą:

- plankton (fito-, zoo- i bakterioplankton): biocenoza rozwijająca się w wodzie i unoszona w niej w postaci zawiesiny;
- neuston: organizmy żyjące na powierzchni wody, w warstwie graniczącej z powietrzem;
- perifition: organizmy żyjące w strefie przybrzeżnej osadzające się w postaci delikatnej błonki na roślinach podwodnych i przedmiotach martwych;
- bentos: organizmy zasiedlające strefę denną. Zespół pozbawiony jest roślin, a zawiera wiele heterotrofów.

Organizmy obecne w wodach powierzchniowych powodują biotransformację zanieczyszczeń organicznych w wyniku procesów metabolicznych, co może prowadzić do powstania związków bardziej uciążliwych, toksycznych (np. metylacja rtęci nieorganicznej do metylku CH_3Hg^+ i dwumetylku rtęci – $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$).

Pierwotniaki (pasożyty) uwzględniane przy analizie wody to *Giardia lamblia* i *Cryptosporidium parvum*. Oba są pochodzenia zwierzęcego i znajdują się w wodach zanieczyszczonych fekaliami. W krajach tropikalnych wykonuje się analizę wody pod kątem obecności w niej ameby.

Skład wód podziemnych

Skład wód podziemnych zależy od rodzaju i budowy naturalnego środowiska gruntowo-skalnego, z którymi się kontaktują, stopnia ich zwietrzenia i uziarnienia, prędkości ruchu wody podziemnej oraz stopnia kontaktu z wodami powierzchniowymi i opadowymi. W wodach podziemnych występuje większość substancji zawartych na powierzchni litosfery. Substancje te można podzielić na grupy głównych składników chemicznych wód podziemnych, czyli:

- **makroskładniki** (lub pierwiastki główne): jon sodu (Na^+), jon potasu (K^+), jon wapnia (Ca^{2+}), jon magnezu (Mg^{2+}), jon chlorkowy (Cl^-), jon siarczanowy (SO_4^{2-}), i jon wodorowęglanowy (HCO_3^-);
- **składniki podrzędne**: związki azotu – jony amonowe (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+), związki żelaza – jon żelaza (Fe^{2+} , Fe^{3+}), jon manganu (Mn^{2+}), jon glinu (Al^{3+}) i substancje organiczne;
- **mikroskładniki**: pierwiastki rzadkie, śladowe i promieniotwórcze.

W wodach podziemnych występują również gazy, które można podzielić na: występujące powszechnie (N_2 , O_2 , CO_2 , CH_4), występujące w małych ilościach (H_2 , H_2S , He, Ar i cięższe węglowodory), występujące lokalnie (NH_3 , SO_2 , HCl, HF i wiele innych).

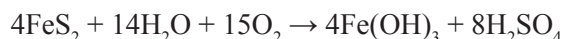
Z uwagi na rozpuszczalność, która zależy od temperatury (maleje z jej wzrostem) i ciśnienia, gazy można podzielić na łatwo rozpuszczalne (CO_2 i H_2S tworzące z wodą dysocjujące związki) oraz trudno rozpuszczalne (występujące w wodzie w formie roztworów cząsteczkowych o cząsteczkach obojętnych, czyli stabilnych chemicznie).

Wody podziemne charakteryzują się raczej stałym składem fizyko-chemicznym i bakteriologicznym, który jest korzystniejszy od wód powierzchniowych. Skład fi-

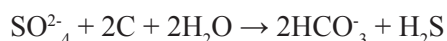
zyko-chemiczny i bakteriologiczny kształtują procesy hydrogeochemiczne, do których należą: utlenianie i redukcja, rozpuszczanie (ługowanie i strącanie), hydratacja i hydroliza, wietrzenie, sorpcja, desorpcja, wymiana jonowa i procesy membranowe, migracja (dyspersja), procesy fizyczne, procesy biochemiczne. Procesy te zachodzą również w wodach powierzchniowych w procesie ich samooczyszczania.

2.5. Procesy zachodzące w wodach podziemnych

Utlenianie i redukcja zmieniają zwykle zdolności migracyjne pierwiastków (głównie S, Fe, Mn, N i wielu mikroskładników). Przykładem reakcji utleniania zachodzącej z hydrolizą jest wietrzenie pirytu:



Wody podziemne wzbogacają się w jony siarczanowe, które przy udziale bakterii i w obecności węgla pierwiastkowego mogą być redukowane do H_2S :



Powstający kwas siarkowy może rozpuszczać węglany wapnia, powodując wydzielanie CO_2 :



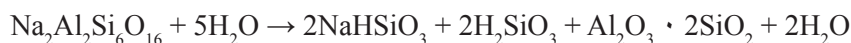
Tlen niezbędny do przebiegu reakcji dostarczany jest wraz z przesiąkającą wodą, a jego ilość wpływa na kolejność reakcji utleniania i redukcji.

Przy intensywnym zasilaniu tlenem infiltracyjnym wód podziemnych (system odkryty), kolejno zachodzą reakcje: utleniania substancji organicznych, siarczków, Fe^{2+} ; nitryfikacji; utleniania Mn^{2+} .

Przy przykryciu warstwy wodonośnej utworami półprzepuszczalnymi i słabym dopływie infiltracyjnym tlenu (system zakryty), pod wpływem substancji organicznych przebiegają procesy w następującej kolejności: utlenianie substancji organicznych; denitryfikacja; redukcja: $\text{Mn}^{4+} \rightarrow \text{Mn}^{2+}$, $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$, $\text{S}^{6+} \rightarrow \text{S}^{2-}$, $\text{N}_2^0 \rightarrow 2\text{N}^{-3}$; fermentacja metanowa.

Ługowanie skał: jest procesem rozpuszczania skały (minerału) i wynoszenia produktów rozpuszczania poza zasięg występowania ługowanych skał. Do wody mogą przechodzić różne jony, np.: Na^+ , Cl^- , kalcytu (Ca^{2+} i HCO_3^-), dolomitu (jony HCO_3^- , Ca^{2+} i Mg^{2+}).

Wietrzenie (np. glinokrzemianów) przedstawić można według reakcji sumarycznych:

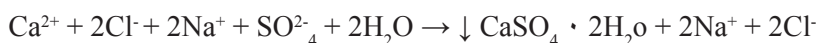


Procesy wietrzenia występują do kilkuset metrów głębokości skorupy ziemskiej, powodując powstawanie ilów, piasku oraz materiałów okrucowych. Wietrzenie jest

procesem powolnym jednak działalność wody zamarzającej w szczelinach skał oraz zmiany temperatury przyspieszają ten proces.

Wytrącanie minerałów z wód podziemnych może zachodzić w wyniku zmiany warunków panujących w układzie, prowadzącej do przekroczenia iloczynu rozpuszczalności i wytrącenia związków trudno rozpuszczalnych, np. węglanów wapnia, magnezu i żelaza, siarczanów i krzemionki oraz soli chlorkowych w klimacie gorącym i półsuchym.

Przykład wytrącania gipsu w wyniku dopływu wód, zawierających jony Na^+ i SO_4^{2-} , do wód z jonami Ca^{2+} i Cl^- :



Procesy sorpcji fizycznej i chemicznej zależą od właściwości sorbentów, czyli od stopnia rozdrobnienia, składu mineralnego frakcji ilowej, wielkości ładunków elektrycznych na powierzchni cząstek mineralnych, zawartości substancji organicznej zwiększającej zdolność sorpcyjną i wymienną minerałów, stężenia, rodzaju i energii wymiennej jonów podlegających wymianie oraz od składu fizyczno-chemicznego wód i naturalnych warunków środowiska.

Procesy desorpcji oraz uwalniania jonów do roztworu (proces odwrotny do wymiany jonowej) mogą zachodzić w wodach zawierających małe ilości substancji i są wynikiem dążenia do zachowania stanu równowagi procesów jednostkowych.

Procesy membranowe przeciwdziałają wymianie jonowej, co wpływa na wzrost stopnia mineralizacji wód wraz z głębokością ich występowania. Rolę membran odgrywają warstwy ilaste.

Procesy fizyczne w wodach podziemnych obejmują molekularną dyfuzję i konwekcję, które decydują wyłącznie o przemieszczaniu się substancji, pozostając bez wpływu na ich przemiany. Obydwa procesy współwystępują z nakładaniem się efektów ich działania.

Dyfuzja molekularna jest procesem ustalania się równowagi rozkładu stężeń w wyniku bezwładnej wędrówki termicznej atomów, molekuł lub cząsteczek makroskopowych zawieszonych w cieczy.

Konwekcja to unoszenie substancji w strumieniu cieczy w ośrodku porowatym.

Przy dużej prędkości przepływu wody podziemnej na oba procesy nakłada się dyspersja hydrodynamiczna. Całość występujących zjawisk nazywa się ogólnie **dyspersją** lub **migracją**, czyli wędrówką pierwiastków i substancji w wodach.

Migracja (dyspersja) pierwiastków zależy od właściwości atomów migrującego pierwiastka oraz warunków termodynamicznych i geochemicznych środowiska migracji.

W zależności od warunków panujących w układzie geologicznym i składu fizyczno-chemicznego wody pierwiastki mogą migrować jako:

- proste i złożone aniony, np.: Cl^- , F^- , NO_3^- , PO_4^{3-} ;
- proste kationy, np.: Na^+ , K^+ , Pb^{+2} ;
- jony kompleksowe (kationy lub aniony), np.: PbCl_4^{2-} , $\text{Pb}(\text{OH})_3^-$;

- cząstki niezdysojowane (PbCO_3) i koloidy ($\text{Fe}(\text{OH})_3$);
- asocjaty z zawiesinami.

Do wodnej oceny migracji pierwiastków stosuje się współczynnik wodnej migracji k_x , z którego wzrostem zwiększa się ruchliwość pierwiastka:

$$k_x = \frac{m_x \cdot 100}{a \cdot n_x}$$

gdzie:

m_x – stężenie pierwiastka x w wodzie, g/dm³,

n_x – stężenie pierwiastka x w środowisku skalnym, % wag.,

a – mineralizacja wody, g/dm³.

Przemiany biologiczne i biochemiczne zachodzą przy udziale mikroorganizmów w całym przekroju pionowym środowiska skalnego i w większości wymienionych procesów.

Uzupełnieniem wszystkich procesów zachodzących w wodach podziemnych jest zjawisko (proces) **szybkiego mieszania** się różnego typu wód, obejmujące znaczne ich masy z przesunięciem stanów równowagi w tych wodach.

Do podstawowych efektów mieszania się wód należą: rozcieńczanie bez wydzielania substancji gazowych i mineralnych, zastępowanie jednych związków innymi, wytrącanie, czyli cementacja związków, rozpuszczanie i ługowanie środowiska skalnego.

2.6. Mineralizacja wód podziemnych

Występowanie wód mineralnych związane jest ściśle z warunkami geologiczno-strukturalnymi, tektonicznymi (obszar utworów nasuniętych, sfałdowanych i zdyslokowanych) oraz hydrogeologicznymi. Istotna jest głębokość zalegania wód podziemnych, bowiem z jej wzrostem rośnie stopień mineralizacji. Przyrost mineralizacji wraz z głębokością jest uzależniony od wielu czynników, a w szczególności od lokalnych warunków litologiczno-strukturalnych skał określających możliwości zasilania i krążenia wód podziemnych.

W wyniku przesiąkania wód opadowych przez strefę aeracji i saturacji wody te zostają oczyszczone z bakterii, substancji organicznych, cząstek gleby i gazów w nich występujących. Większość związków mineralnych zawartych w wodach opadowych pozostaje w nich, zasilając wody podziemne, które dodatkowo wzbogacają się w rozpuszczone w nich zwiertzałe składniki skał litosfery. Jednak w zależności od ilości i jakości wyługowanych i rozpuszczonych w wodzie składników litosfery, wody w różnym stopniu są zmineralizowane, więc nie każda woda wydobywana z głębi ziemi posiada odpowiednią ilość składników mineralnych, mających pozytywne znaczenie dla organizmu człowieka.

Ogólną zawartość rozpuszczonych w wodzie substancji mineralnych nazywa się **mineralizacją wody**.

Na podstawie ogólnej mineralizacji, czyli ilości suchej pozostałości po odparowaniu wody, wody podziemne dzieli się na:

1. **wody zwykłe:** zwane normalnymi, słodkimi lub użytkowymi, których ogólna mineralizacja jest mniejsza od $0,5 \text{ g/dm}^3$;
2. **wody o podwyższonej mineralizacji:** wody o ogólnej mineralizacji od $0,5$ do 1 g/dm^3 ;
3. **wody mineralne:** wody których ogólna mineralizacja wynosi ponad 1 g/dm^3 i dochodzić może nawet do 300 g/dm^3 . Do celów pitnych i przemysłowych wody te nie są wykorzystywane ze względu na zbyt wysoką mineralizację, mają jednak duże znaczenie jako wody lecznicze i jako surowiec do produkcji związków chemicznych.

Poziom mineralizacji wód podziemnych jest większy niż wód powierzchniowych i zwiększa się wraz z głębokością warstwy wodonośnej. Mogą one zawierać nawet do 70 różnego rodzaju składników, ale w wodach mineralnych o charakterze profilaktyczno-zdrowotnym praktyczne znaczenie fizjologiczno-odżywcze ma dziesięć składników: wapń, magnez, sód, chlorki, siarczany, żelazo, fluorki, jodki, wodorowęglany i dwutlenek węgla. Inne, jak: potas, lit, bar, stront, mangan, brom, cynk, miedź, itp. występują w tego typu wodach w tak małych ilościach, że nie mają większego znaczenia (Wojtaszek, 1998).

Wody mineralne

Składniki wód mineralnych dzieli się na aniony i kationy, według których ustala się nazwę wody mineralnej. Dominującymi **anionami** są: wodorowęglany, siarczany i chlorki; zaś powszechnie występującymi **kationami** są: wapń, magnez, sód, potas, żelazo i mangan.

Na podstawie składu fizyko-chemicznego rozróżnia się wody mineralne:

- **Solanki zwykłe:** o przewodze jonów sodu Na^+ i chloru Cl^- , zawierające głównie sól kamienną NaCl , ale ze znaczną współobecnością jonów wapnia, magnezu, potasu w postaci chlorków.
- **Solanki gorzkie** (woda gorzka): zawierają siarczany magnezu MgSO_4 i sodu NaSO_4 i węglany.
- **Szczawy żelaziste:** zawierają związki żelaza w ilości około 15 mg/l $\text{kg H}_2\text{O}$, dużą ilość bezwodnika węglowego oraz węglany I grupy.
- **Wody siarkowe:** zawierają siarkowodór H_2S , siarczki sodu Na_2S i wapnia CaS , chlorki oraz siarczany: wapnia, magnezu, sodu, potasu.
- **Wody radocenne:** zawierają drobne ilości pierwiastków promieniotwórczych.
- **Wody krzemionkowe:** zawierają rozpuszczoną krzemionkę SiO_2 , przy czym są one ograniczone do terenów wulkanicznych.

Do wód mineralnych należą także wody podziemne wyróżniające się temperaturą ponad 20°C nazywane **wodami termalnymi** (geotermalnymi), czyli **cieplice**.

W Polsce występują różne rodzaje wód mineralnych, które zgodnie z ustawą *Prawo geologiczne i górnicze* z dnia 4 lutego 1994 r. (Dz.U. Nr 27, poz. 96) należą do kopalin podstawowych.

Wody lecznicze

Wody mineralne z zawartością minimalnej, ale znaczącej ilości składników mineralnych i gazowych (np. bromu, jodu, radonu), o szczególnej aktywności farmakologicznej i fizjologiczno-odżywczej, spełniające rolę wód profilaktyczno-zdrowotnych, nazywane są wodami **leczniczymi**. Wody lecznicze wywierają wpływ na organizm zarówno przez temperaturę, jak i składniki rozpuszczalne stałe i gazowe, a także przez jej właściwości hydrostatyczne, dając tzw. odczyn kąpielowy. Stosowane są do kąpieli leczniczych, kuracji pitnych, inhalacji, irygacji itp.

Badaniem właściwości leczniczych kąpieli i wód mineralnych, źródeł naturalnych oraz współdziałających z nimi czynników klimatycznych i fizycznych zajmuje się nauka zwana **balneologią**. Balneologia opiera się na badaniach geologicznych, hydrologicznych, fizycznych i chemicznych, a także na farmakologii, dietetyce i klimatologii oraz psychoterapii uzdrowiskowej i ściśle jest powiązana z leczeniem klinicznym.

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 16 sierpnia 1994 r. określa złoża wód zaliczanych do solanek, wód leczniczych i termalnych oraz innych kopalin leczniczych.

Wody stołowe

Wody słabo zmineralizowane, spełniające funkcję dobrej jakości wody, przeznaczone są do celów spożywczych. Określa się je jako wody mineralne **stołowe**: bardzo miękkie, bogate w znaczne ilości rodzimego bezwodnika węglowego (kwasu węglowego – H_2CO_3). Wody stołowe mogą być również sztucznie dogazowywane. Wody stołowe nie są stosowane do celów leczniczych.

Wody zwykłe, pitne i przemysłowe

Wody pitne, przemysłowe i mineralne są podstawowym surowcem naturalnym, warunkującym życie na ziemi.

Wody zwykłe (słodkie, użytkowe), o bardzo niskiej mineralizacji i nieznaczącej ilości składników mineralnych, dzieli się na:

- **Wody twarde**: z uwagi na dużą zawartość jonów wapnia i magnezu tworzących tzw. kamień kotłowy przez co są mało przydatne i jako wody pitne, ze względu na swój gorzki smak, niesmaczne. Rozróżnia się:
 - **twardość węglanową**, która powstaje z powodu obecności w wodzie kwaśnych węglanów wapnia $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ i magnezu $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Wysoka temperatura podczas gotowania wody powoduje rozkład twardości węglanowej na produkty rozkładu, którymi są węglan wapnia CaCO_3 albo magnezu MgCO_3 , które osadzają się na ściankach kotła, tworząc kamień kotłowy;
 - **twardość niewęglanową**, czyli **trwałą**, tworzoną przede wszystkim przez siarczany oraz chlorki wapnia i magnezu (CaSO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , MgCl_2). Kamień kotłowy powstaje przez wydzielenie się tych soli z roztworu po przekroczeniu jego nasycenia wskutek odparowania wody;

→ **twardość ogólną**, która jest sumą twardości węglanowej i niewęglanowej.

W celach pitnych wody twarde są zastępowane wodami stołowymi.

- **Wody miękkie:** mają te same składniki co wody twarde, jednak w znacznie mniejszych ilościach.

Woda pitna, używana np. w rolnictwie, oraz woda przemysłowa powinny odpowiadać określonym warunkom, tj. nie powinny zawierać ponad dopuszczalną normę rozpuszczonych soli mineralnych lub mechanicznych domieszek ani też zanieczyszczeń organicznych, a szczególnie bakterii chorobotwórczych. Z tego względu do celów pitnych i przemysłowych, wody głębinowe, występujące na dużych głębokościach i całkowicie izolowane od wpływu różnych czynników powierzchniowych (związane np. ze złożami ropy naftowej), nie są wykorzystywane ze względu na zbyt wysoką mineralizację. Mają jednak duże znaczenie jako wody lecznicze i jako surowiec do produkcji związków chemicznych.

2.7. Transport substancji w wodach

Woda jest dobrym rozpuszczalnikiem i nośnikiem wielu substancji. Transport substancji w wodzie związany jest z ich mieszaniem i dyfuzją. Ruch pionowy substancji w wodzie jest ograniczony. Wpływ na to ma jej uwarstwienie, czyli stratygrafia na skutek różnic temperatury, gęstości i zasolenia – w dużych zbiornikach – oraz ograniczona głębokość w rzekach.

Szczególnie duże nagromadzenie substancji szkodliwych występuje w osadach dennych, które mogą stanowić źródło wtórnego zanieczyszczenia wód.

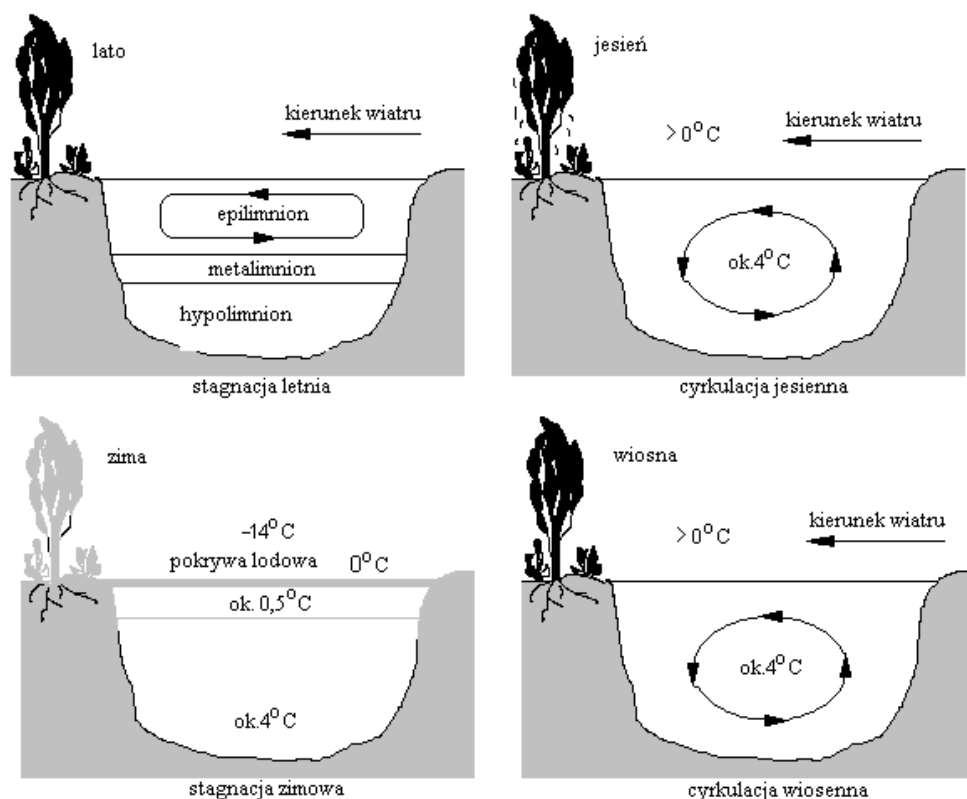
Obecność zanieczyszczeń w wodach powierzchniowych prowadzi do ich przemieszania, w procesie którego następuje ich rozcieńczenie, rozkład lub powstanie nowych substancji. Według Walkera (2002): *(...) w rzekach o wartkim nurcie efekt rozcieńczenia jest wyraźny i nie należy się spodziewać, aby stężenie zanieczyszczeń osiągnęło wysoki poziom nawet w niezbyt dużej odległości poniżej miejsca zrzutu. Oceany mogą skutecznie rozcieńczać wpadające do nich zanieczyszczenia z powodu swoich znacznych rozmiarów oraz działania prądów. Bardziej problematyczne pod tym względem są jeziora i małe morza śródlądowe. Tutaj zanieczyszczenia docierają wraz z wodami rzek oraz innymi drogami. Jako że akweny te nie mają efektywnego odprowadzenia, w miarę jak woda odparowuje, zanieczyszczenia gromadzą się w nich (...). Wiele zależy od tempa rozkładu lub strącenia, które to procesy usuwają zanieczyszczenia z wody.*

Odległość jaką substancja szkodliwa może pokonać w płynących wodach powierzchniowych zależy od wielu czynników natury fizycznej, chemicznej, biochemicznej i biologicznej. Do nich należy też: stabilność i postać fizyczna zanieczyszczeń, prędkość przepływu wody, prądy w wodzie, długość koryta rzecznej, jego szerokość i głębokość, gęstość wody, flora i fauna wodna włączająca niektóre substancje w łańcuch pokarmowy.

W płynących wodach powierzchniowych przepływ wody następuje grawitacyjnie, pod wpływem siły ciężkości. Zanieczyszczenia ulegają w wodzie rozproszeniu

w wyniku dyfuzji turbulentnej i niejednorodnej wartości prędkości w przekroju rzeki. Im bardziej przepływ ten jest turbulentny, tym mieszanie jest intensywniejsze. Prędkość przepływu jest największa w środku rzeki i bezpośrednio pod powierzchnią wody. Woda płynąca przy brzegu i przy dnie spowalniana jest wskutek tarcia.

Szczególnie wrażliwe na zanieczyszczenia są ujścia rzek. Występują w nich znaczne gradienty mocy jonowej i składu chemicznego, wskutek mieszania wody rzecznej z morską. Przepływ wody w ujściu podlega oddziaływaniu pływów oceanicznych (wpływających na intensywność mieszania), dopływów innych rzek, róż-



Schemat 8. Pory roku w wodach stojących (Wiąckowski, 2001)

W okresie stagnacji letniej w wodach stojących wyróżnia się trzy warstwy:

1. **Epilimnion**: warstwa nadskokowa, zwykle o głębokości 2 ÷ 3 m, znajdująca się w stałej cyrkulacji i kontakcie z atmosferą. Zawartość tlenu w tej warstwie uwarunkowana jest czystością wody.
2. **Metalimnion**: termoklina, czyli warstwa skokowa, zwykle o grubości około 1 m, znajdująca się pod warstwą nadskokową. W warstwie tej znajduje się niewiele rozpuszczonego tlenu, nawet w wodach czystych.
3. **Hypolimnion**: warstwa podskokowa, znajdująca się pod metalimnionem i sięgająca do dna jeziora. Jest nieruchoma i zwykle pozbawiona tlenu lub zawiera nieznaczne jego ilości.

nicy gęstości między wodą rzeczną ($1,0 \text{ g/cm}^3$) i morską ($1,03 \text{ g/cm}^3$) co również wpływa na intensywność mieszania.

W jeziorach wody poruszane są przez wiatr, co wpływa na powstanie prądów wodnych (przepływ grawitacyjny nie ma tu miejsca). Przy brzegach jeziora woda opada i porusza się w głąbi w przeciwną stronę do kierunku wiatru (tzw. prąd zwrotny).

W wodach jezior występuje zjawisko uwarstwienia wody – spowodowane różnicami temperatur (Schemat 8.), co ma wpływ na ilość rozpuszczonego w nich tlenu.

Ilość tlenu rozpuszczonego wpływa na stopień czystości wody i jej naturalne uwarstwienie:

- woda o temperaturze bliskiej 0°C (temperatura zera bezwzględnego, tzw. zero absolutne) zmniejsza swą objętość przy ogrzewaniu, do momentu gdy jej temperatura przekroczy 4°C . Przy dalszym wzroście temperatury woda zaczyna rozszerzać się (aż do temperatury 100°). Najmniejszą objętość, tym samym największą gęstość, ma woda w temperaturze 4°C . Poniżej temperatury 0°C woda zamienia się w lód, którego objętość jest znacznie większa, a gęstość mniejsza (lód pływa po wodzie). Dalsze obniżanie temperatury powoduje normalne kurczenie się lodu. Zanim woda w jeziorze zacznie zamarać, cała jej objętość w jeziorze musi osiągnąć temperaturę 4°C . Dopiero wówczas jej powierzchnia może oziębiać się dalej osiągając poziom 0°C , nie opadając niżej – na powierzchni tworzy się lód;
- w okresie jesienno-zimowym następuje w wodach stojących cyrkulacja wód na skutek zmian temperatury. Woda schładza się od góry przez zimniejsze od niej powietrze. Po schłodzeniu jest gęstsza i opada na dno. Na powierzchni zostaje woda o mniejszej lub równej gęstości. Następuje dalsze chłodzenie wody i proces powtarza się. Woda w całym zbiorniku ulega wymieszaniu, zawartość tlenu wyrównuje się, a jego średnia zawartość w wodzie spada poniżej zawartości tlenu w epilimnionie. Opadająca na dno woda o największej gęstości ma temperaturę 4°C , natomiast woda zamarzająca, o temperaturze 0°C , pływa na powierzchni;
- gdy nadchodzi wiosna następuje ponowna cyrkulacja wód wskutek zmian temperatury – woda stopniowo nagrzewa się u góry przez cieplejsze od niej powietrze. Ogrzewając się woda rozszerza się, następuje napływ wody gęstszej i zimniejszej, i proces powtarza się. Woda w zbiorniku ulega stopniowemu wymieszaniu.

Uwarstwienie wody w jeziorach ma istotny wpływ na substancje występujące w wodzie. Ruch wody w jeziorach oraz efekt toksyczny zanieczyszczeń zależy od kształtu niecki jeziornej, zmian gęstości wody i jej dopływu oraz siły Coriolisa wywołanej ruchem obrotowym Ziemi. Na ich zachowanie wpływa także: temperatura wody, pH, flora i fauna, obecność rozpuszczonego tlenu.

2.8. Źródła zanieczyszczeń wód

Zanieczyszczenie wód następuje na wszystkich etapach jej obiegu w biosferze, co wynika z zanieczyszczenia wszystkich jej komponentów. Do zanieczyszczeń za-

licza się wszystkie związki wprowadzone do wód w wyniku antropogenicznej działalności człowieka Tabela 4. ilustruje główne drogi przechodzenia zanieczyszczeń do wód powierzchniowych.

Do podstawowych antropogenicznych źródeł zanieczyszczenia wód powierzchniowych należą: przemysł górniczy (odprowadzający wody pokopalniane); przemysł energetyczny (odprowadzający wody pochlodnicze); spływy powierzchniowe z terenów użytkowanych rolniczo; odcieki ze składowisk odpadów przemysłowych i komunalnych; spływy z terenów przemysłowych; spływy z obszarów miejskich; bezpośrednie zrzuty ścieków komunalnych lub przemysłowych do wód powierzchniowych; opad atmosferyczny suchy i mokry; punktowe źródła zanieczyszczeń oraz rozległe spowodowane katastrofami transportowymi.

Migracja zanieczyszczeń rozpuszczalnych w wodach gruntowych zachodzi w podobny sposób jak w wodach powierzchniowych, z tą różnicą, że przepływ jest laminarny.

Tabela 4. Główne drogi wnikania zanieczyszczeń do wód powierzchniowych (Walker i inni, 2002)

Droga	Podstawowe zanieczyszczenia	Komentarz
Wyloty ścieków	Bardzo duży wachlarz zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych pochodzących z obiektów produkcyjnych i gospodarstw domowych; detergenty zazwyczaj obecne.	Wysoce zmienne; zależne nie tylko od rodzaju ścieków, ale również od podjętych zabiegów oczyszczania ścieków.
Wyloty z obiektów produkcyjnych	Zależnie od rodzaju aktywności; szerokie spektrum zanieczyszczeń z przemysłu chemicznego; metale ciężkie w związku z pracami wydobywczymi; zakłady celulozowe są ważnym źródłem zanieczyszczeń w niektórych rejonach.	Stężenie zanieczyszczeń w wodach odpływowych musi być mniejsze niż ustawowe limity.
Wyloty z elektrowni jądrowych	Radioizotopy.	Podlegają regularnej rejestracji skażeń oraz ścisłej kontroli w większości krajów.
Spływy z lądów	Różnorodne zanieczyszczenia na powierzchni ziemi; pestycydy.	W zasadzie nie kontrolowane i trudne do zmierzenia.
Z powietrza	1. Strącanie z deszczem lub śniegiem 2. Bezpośrednie stosowanie biocydów 3. Przypadkowe zanieczyszczenie w wyniku oprysków i opyleń.	Czasami zanieczyszczenia przenoszone są na duże odległości. Zwalczenie szkodników, pasożytów, przenosicieli chorób i chwastów. Potencjalny problem stanowią opryski z powietrza.
Zrzucanie do morza	Ścieki surowe; substancje promieniotwórcze i toksyczne odpady w zaplombowanych kontenerach zrzucanych na dno oceanu.	Czasem wyraża się obawy, czy po dłuższym czasie kontenery nie zniszczą i odpady nie wydostaną się z nich do wody.
Uwalnianie z szybów i terminali naftowych	Węglowodory.	Czasami przypadkowo, czasami w wyniku wojny (np. wojna w Zatoce Perskiej).
Katastrofy okrętów	Węglowodory i niektóre inne zanieczyszczenia organiczne.	Szczególny problem stanowią wraki tankowców.

Skazanie wód powierzchniowych ma istotny wpływ na jakość wód gruntowych. I na odwrót – zanieczyszczenia wód gruntowych mają istotny wpływ na ekosystemy wody powierzchniowej i jej zasoby.

Wody podziemne mogą ulec skażeniu z wielu źródeł, z których najważniejsze to: nieszczelne, przeciekające rurociągi, nieszczelne, przeciekające magazynowe zbiorniki podziemne, wycieki ze składowisk odpadów, wycieki substancji chemicznych, nawozy sztuczne (azotany, herbicydy), materiały przemysłowe skażające glebę.

Rozpraszanie substancji skażających wody podziemne zależy od fizycznych właściwości ruchu wód gruntowych, rozpuszczalności substancji szkodliwych, opóźnienia spowodowanego sorpcją substancji szkodliwych na powierzchni ciał stałych.

(...) kompozycja krajobrazu dopełnia dwuwymiarowy plan szczegółowym układem przestrzeni i brył przedmiotów, składających się na krajobraz, dopełnia je trzecim wymiarem. Kształtuje ona architekturę krajobrazu z tła przyrody, z dzieł inżynierii, z budynków, osiedli, miast, ogrodów i pól uprawnych.

Tadeusz Tołwiński, 1963

Rozdział 3

LITOSFERA

Litosfera jest zewnętrzną, najbardziej sztywną warstwą kuli ziemskiej. Sięga do głębokości około 80–150 km. Obejmuje skorupę ziemską i górną część płaszczka Ziemi. W skład zewnętrznych warstw litosfery (powierzchni Ziemi) wchodzi skorupa ziemska oraz hydrosfera i atmosfera. Termin „litosfera” często stosowany jest jako synonim skorupy ziemskiej. Jej charakterystyka znajduje się w rozdziale „Surowce mineralne”.

3.1. Gleba

Skały magmowe należą do skał pierwotnych, podstawowych w budowie skorupy ziemskiej, zaś skały osadowe i metamorficzne należą do skał wtórnych. Z uwagi na swój skład chemiczny, znaczną miąższość oraz występowanie, skały osadowe odgrywają znaczącą rolę w kształtowaniu zewnętrznej powłoki litosfery, jaką jest gleba.

Gleba jest najbardziej rozpowszechnionym utworem litosfery i jednym z najcenniejszych ogniw w łańcuchu troficznym: roślina – zwierzę – człowiek. Zapewnia ona rozwój życia w ekosystemach lądowych, dostarczając składników mineralnych przy współudziale wody, powietrza i energii słonecznej.

Gleba powstaje wskutek działania powiązanych ze sobą czynników glebotwórczych, do których należą: skała macierzysta, klimat i roślinność. Określają one skład chemiczny i mineralny gleby oraz jej rodzaj i typ.

Ekosystem glebowy jest układem heterogenicznym (niejednorodnym) stanowiącym skład mineralnych i organicznych substancji stałych, powietrza, wody i organizmów żywych.

Geneza gleby

Skały oraz minerały, które bezpośrednio kontaktują się z atmosferą oraz wodami gruntowymi i powierzchniowymi podlegają procesom przemian określanych jako **wietrzenie**. Rozróżnia się dwa podstawowe typy wietrzenia: wietrzenie **fizyczne**, czyli proces mechanicznego rozpadu skał i wietrzenie **chemiczne**, czyli proces zmian składu mineralnego i chemicznego pod wpływem wody oraz kwasów, zasad, soli i gazów w niej rozpuszczonych. Wietrzenie chemiczne jest procesem złożonym z jednostkowych procesów elementarnych, takich jak: uwodnienie (hydratacja), hydroliza, karbonatyzacja, wymiana jonowa, dyfuzja itp.

Produkt wietrzenia – **zwietrzelina** – jest trwalszy od minerałów i skał pierwotnych. Wynika to z różnych warunków środowiskowych.

Raz przetworzony produkt trudno poddaje się kolejnym przemianom pod wpływem środowiska abiotycznego. Jednak dalsze zmiany są możliwe w procesie zwanym **glebotwórczym**. Proces ten zachodzi przy bezpośrednim oddziaływaniu mikroorganizmów na utwory skalne, które uruchamiają *nowe reakcje dalszej przebudowy takich materiałów* (Bednarek, Prusinkiewicz, 2002). Ponieważ proces wietrzenia przebiega odmiennie w poszczególnych strefach klimatycznych i warunkach zależnych od pory roku, także powstałe tam gleby charakteryzują się strefowością warstw jednostkowych (elementarnych) gleby.

Gleba jest układem trójfazowym:

1. **Fazę stałą** tworzą substancje mineralne (46% objętościowo) i organiczne (4% objętościowo): jest to wodny roztwór gleby zawierający jony i rozpuszczone związki organiczne.
2. **Fazę ciekłą** tworzy woda (25% objętościowo).
3. **Fazę gazową** tworzy powietrze (25% objętościowo). Podobna jest w swoim składzie do składu powietrza atmosferycznego sąsiadującego z glebą, jedynie stężenie CO₂ jest ośmiokrotnie większe w glebie z uwagi na zachodzące procesy metaboliczne żyjących w niej organizmów.

Od wzajemnych proporcji wody i powietrza, a także jej biomasy, zależą właściwości fizykochemiczne gleby.

Skład mineralny gleby w przybliżeniu kształtuje się jako: 45% obj. kwarcu, 35% obj. skaleni, 19% obj. minerałów ilastych i około 1% obj. tlenków i wodorotlenków Al i Fe. Źródłem substancji mineralnej jest skała macierzysta, zaś substancji organicznej – martwa materia organiczna. Proporcja tych dwóch układów to: 95% substancji mineralnej i 5% substancji organicznej. Zawartość materii organicznej jest zmienna i może wynosić tylko do 1% w glebach piaszczystych oraz ponad 50% w glebach organicznych.

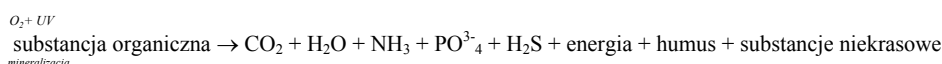
Biomasa gleby

Materia organiczna decyduje o żyzności gleby, która jest środowiskiem bytowania wielu różnorodnych grup systematycznych mikroorganizmów glebowych: roślin i zwierząt, a także źródłem ich pokarmu.

Naturalny rozkład substancji organicznej, czyli jej mineralizacja, prowadzony jest przez różnorodne mikroorganizmy. Mnogość i różnorodność tych drobnoustrojów wynika z wielości czynników występujących w środowisku i ich kombinacji. Szczególnie aktywne jest środowisko gleb litosfery. Ocenia się, że 1 g aktywnej biologicznie naturalnej gleby może zawierać około 100 mln żywych organizmów o wymiarach $1 \div 2 \mu\text{m}^3$.

Kumulacja substancji organicznej w glebie zależy od aktywności mikrobiologicznej gleby wpływającej na intensywność procesów mineralizacji. Czynniki decydującymi o tej aktywności są: temperatura środowiska glebowego, ilość tlenu

i pH. Ogólny schemat mineralizacji substancji organicznej przedstawić można następująco:



Glebową materię organiczną tworzą dwie grupy substancji (Tabela 5.), będące produktami końcowymi rozkładu (mineralizacji): humus (próchnica), substancje niekrasowe (proste związki organiczne niehumusowe), CO_2 , H_2O , NH_3 i wiele innych gazów. Im bogatsza jest gleba w humus i związki zasadowe, tym więcej zawiera bakterii nitryfikacyjnych i denitryfikacyjnych oraz wiążących azot atmosferyczny, a mniej grzybów. Wskutek mikrobiologicznej działalności organizmów glebowych metagennych powstają lotne produkty (CH_3Hg^+ , CH_4), które dyfundują do atmosfery, stanowiąc część wymiany gazowej między glebą i atmosferą.

W procesie rozkładu substancji organicznej (roślinnej i zwierzęcej) uwalniana zostaje również **energia** pochłonięta podczas syntezy. Nośnikiem wyzwolonej energii są wody naturalne, które wzbogacone w produkty mineralizacji stają się chemicznie aktywne i wykonują pracę chemiczną typu rozpuszczania, ługowania, utleniania, hydrolizy, redukcji itp. Ponadto energia ta zwiększa zdolność pierwiastków (produktów mineralizacji) do migracji. Część z nich wchodzi w skład gleby, wód powierzchniowych i podziemnych, część ulega rozpuszczeniu i w postaci jonowej zostaje związana przez organizmy i wykorzystana do budowy ich masy, część zostaje uwalniona bezpośrednio do atmosfery.

Tabela 5. Główne grupy substancji organicznych (Gorlach, Mazur, 2002)

Typ substancji	Skład	Znaczenie
Substancje humusowe		
HUMUS (próchnica)	Bezpostaciowy kompleks związków organicznych, odpornych na rozkład, zawierający dużo C, H, i O, a także N	Składnik organiczny występujący w glebie w największej ilości, ulepsza właściwości fizyczne gleby, wiąże wymiennie składniki pokarmowe, rezerwar azotu związanego chemicznie
Substancje niehumusowe		
Tłuszczowce	Tłuszcze, żywice, woski	Stanowią zaledwie kilka procent glebowej materii organicznej, ze względu na właściwości hydrofobowe mogą działać niekorzystnie na cechy fizyczne gleby
Węglowodany	Cukry proste, skrobia, celuloza, hemiceluloza, gumy	Główne źródło węgla i energii dla mikroorganizmów glebowych, wpływają na stabilizację agregatów glebowych
Lignina	Zawiera człony o charakterze aromatycznym	Ważny substrat, z którego powstaje próchnica
Azotowe związki organiczne	Białka, aminokwasy, aminocukry	Źródło azotu dla mikroorganizmów glebowych
Połączenia fosforowe	Estry fosforanowe, kwas fitynowy, fosfolipidy	Źródło fosforu dla mikroorganizmów glebowych i roślin

Występowanie mikroorganizmów w glebie, ich ilość i jakość jest ściśle związana z pH gleby (Tabela 6.), szczególnie jej 20 cm wierzchniej warstwy, w której żyje prawie połowa biomasy organizmów bakteryjnych. Istotną rolę w ich metabolizmie odgrywa także zawartość wody, powietrza i temperatura.

Substancja organiczna w 50 ÷ 100% związana jest z mineralną strukturą gleby. Dzięki takiemu powiązaniu gleby są odporne na zniszczenie mechaniczne, dyspersję, wymywanie i rozkład. Ponad 98% masy żywej materii organicznej stanowią C, O, H i N tworzące związki gazowe lub łatwo rozpuszczalne w wodzie. W budowie substancji organicznej bierze udział wiele pierwiastków śladowych w zmiennych ilościach. Czynniki wpływające na zmienność ilościową i jakościową są ze sobą powiązane i zależą m.in. od pozycji organizmu w systematyce gatunkowej. Im wyższa jest ta pozycja tym selektywniej składnik mineralny pobierany jest ze środowiska naturalnego. W wyniku mineralizacji substancji organicznej pierwiastki zostają z niej uwolnione i wracają do środowiska.

Foto- i chemosynteza

W skład roślin wchodzi: węgiel (podstawowy budulec), wodór, tlen, azot, wapń, potas, fosfor, sód i chlor oraz wiele pierwiastków chemicznych w ilościach śladowych, które ilustruje Tabela 7. Oprócz węgla, wodoru i tlenu pierwiastki są pobierane przez rośliny z gleby lub wody w postaci prostych związków mineralnych w formie jonów. Pozostałe żywe organizmy biosfery: zwierzęta, większość mikroorganizmów, rośliny bezchlorofilowe nie mogą tworzyć samodzielnie substancji organicznej ze składników mineralnych występujących w środowisku abiotycznym. Organizmy te są przystosowane do bezpośredniego lub pośredniego przetwarzania organizmów samożywnych, skąd uzyskują niezbędne dla ich metabolizmu związki organiczne łącznie z energią chemiczną w nich zmagazynowaną.

Fotosynteza jest procesem, w którym rośliny zielone (zawierające chlorofil) pochłaniają z otaczającego środowiska CO₂, pobierają wodę i tworzą związki organiczne o dużym zasobie wewnętrznej energii. Jest to reakcja utleniająco-redukująca zachodząca przy udziale chlorofilu, kosztem energii promieniowania słonecznego (UV). Dwutlenek węgla konieczny do przebiegu fotosyntezy pochodzi z atmosfery oraz z fazy stałej i ciekłej gleby, skąd jest pochłaniany przez system korzeniowy roślin.

W wyniku fotosyntezy w roślinach powstają związki organiczne o dużym potencjale energii wewnętrznej. Ta energia wewnętrzna związków organicznych może być uwalniana w późniejszych procesach utleniania. Żywa oraz martwa substancja

Tabela 6. Wpływ pH na liczebność bakterii i grzybów w glebie (Gorlach, Mazur, 2002)

pH	Bakterie w 1 g gleby	pH	Grzyby w 1 g gleby
6,2	13 600 000	6,6	26 200
5,6	12 600 000	6,2	39 100
5,1	4 800 000	5,8	73 000
4,8	4 000 000	4,6	110 000

organiczna zawiera więc energię zdolną do wykonania pracy chemicznej w procesach chemosyntezy.

Proces chemosyntezy polega na utlenianiu pewnych związków nieorganicznych przez żywe organizmy. W tym procesie tworzą one organiczną materię swojej masy z mineralnych składników otaczającego środowiska, a potrzebna energia pochodzi z reakcji utleniania. Chemosyntetyzujące organizmy, reprezentowane m.in. przez bakterie nityfikacyjne (poprzez przemianę azotynów do azotanów), bakterie żelazowe (przemiana związków żelazawych do żelazowych), bakterie siarkowe (utleniające siarkę i siarkowodór), spełniają istotną rolę w **krążeniu pierwiastków** oraz w **formowaniu pewnych złóż mineralów**.

Metabolizm

Metabolizm obejmuje proces asymilacji, czyli przyswajania substancji organicznej oraz desymilacji, czyli rozkładu palnej substancji organicznej na proste związki. Te proste związki są wykorzystywane do budowy organizmów i rozmnażania oraz wydalania produktów rozkładu. Zawarta w asymilowanej substancji energia jest pobierana przez organizm, a następnie wyzwalana w procesie rozkładu. Metabolizm oparty jest więc na ciągłych procesach chemicznych i fizycznych, które decydują o ciągłej przemianie materii i energii oraz o odnowie komórek. Reakcje te są katalizowane i regulowane przez enzymy (białka), w skład których wchodzi pierwiastki śladowe. Procesy asymilacji i desymilacji przebiegają równocześnie więc organizm (jego komórki) pozostaje w stanie dynamicznej równowagi.

Zgromadzona w ekosystemie materia organiczna nie jest trwała – ulega ona destrukcji, czyli rozpadowi (mineralizacji). Procesy rozkładu substancji organicznej

Tabela 7. Średni skład chemiczny organizmów żywych bez mikroorganizmów, w % wag. s.m. (Kabata-Pendias, Pendias, 1999)

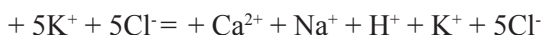
Pierwiastek	Rośliny			Zwierzęta			Zawartości najczęściej spotykane
	morskie	lądowe	razem	morskie	lądowe	razem	
H	4,5	5,5	5	6	6,9	6,5	4,5÷7
O	46,5	42,5	45,5	33,4	26	30	21÷47
C	33,5	45,2	37	43,7	46,5	44,5	22÷48
N	2,7	3,2	> 3	8,3	10	< 9	3÷10
Ca	1	1,2	1,1	1,4	4,5	2,8	0,1÷5
K	5	1,2	3,2	1,2	0,9	1,1	0,2÷5
Mg	0,4	< 0,2	0,3	> 0,2	< 0,1	< 0,2	0,1÷0,5
P	0,4	< 0,2	> 0,3	1	3	2,4	0,2÷2
S	0,9	0,2	< 0,5	< 1	< 0,5	> 0,5	0,1÷2
Na	> 1	< 0,1	< 1	< 4	0,5	< 2,0	0,1÷4
Cl	0,5	> 0,2	> 0,3	2	0,2	1,5	0,1÷1
Si	0,15÷20	< 0,1	< 0,2				

przekształcają złożone związki organiczne na proste związki mineralne z wydzielaniem zmagazynowanej energii.

Właściwości sorpcyjne gleby

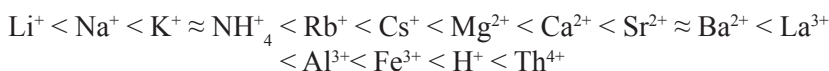
Gleba posiada właściwości sorpcyjne, czyli zdolność do zatrzymywania różnych związków. Sorpcja gleby może być: mechaniczna (fizyczna), fizykochemiczna (wymienienna), chemiczna i biologiczna. Proces sorpcji glebowej uwarunkowany jest przede wszystkim wielkością cząstek minerałów i skał, ich ciężarem właściwym i prędkością przepływu wód lub wiatrów przenoszących te cząstki, rodzajem mikroorganizmów żyjących w glebie, innych cieczy dostających się do jej warstw. *Sorpcja glebowa jest oczywiście różna wobec związków organicznych i nieorganicznych* (Kowalik, 2001). Szczególnie istotna jest sorpcja wymienna i chemiczna kationów i anionów.

Sorpcja **wymienna** polega na zatrzymywaniu pewnych jonów zawartych w glebowym roztworze wodnym przez stałe cząstki gleby, zwane kompleksem sorpcyjnym, na drodze wymiany. Wymiana zachodzi w ilościach równoważnych, czyli miejsca jonów zaadsorbowanych z roztworu wodnego gleb zajmuje równoważna ilość jonów z fazy stałej gleby. Jony mogą pochodzić z minerałów glebowych, z próchnicy glebowej albo z nawozów sztucznych i organicznych. Przykładowy schemat wymiany jonowej ilustruje równanie:

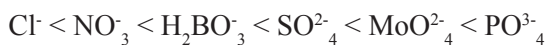


Sorpcja umożliwia roślinom pobieranie mikroelementów przez system korzeniowy bezpośrednio z roztworu glebowego – lub po ich przejściu na drodze wymiany. Pierwiastki związane z fazą stałą gleby są w ten sposób chronione przed wymywaniem. Najczęściej sorbowanymi kationami są Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , Al^{3+} , K^+ i NH_4^+ .

Czynnikiem decydującym o zdolności wymiennej jonu jest jego wartościowość, rodzaj, istnienie innych jonów w roztworze. Zdolność sorpcyjna rośnie wraz z wartościowością jonu. Im większa jest wartościowość kationu, tym większa jest wymienna zdolność sorpcyjna. Sorpcja kationów o tej samej wartościowości wzrasta wraz ze zmniejszaniem się średnicy kationu w stanie uwodnionym, według następującego stopnia:



Większa ilość anionów w roztworze glebowym wynika z ich mniejszej zdolności sorpcyjnej. Skutkiem tego w roztworze glebowym występują w większej ilości i są łatwiej przyswajalne przez rośliny lub wymywane z gleby. Zdolność sorpcyjną anionów można przedstawić według zależności:



Wymiana kationów zachodzi na koloidach o ładunku ujemnym, zaś anionów na koloidach o ładunku dodatnim. Ilość koloidów dodatnich w glebie jest znacznie mniejsza od ilości koloidów ujemnych (nie przekracza 1 ÷ 5% ładunków ujemnych).

Według Gorlacha (2002): *Ilość anionów sorbowanych wymiennie wzrasta wraz z obniżaniem się pH i ze wzrostem stężeń soli w roztworze glebowym. (...)jako regułę należy przyjąć, że im łatwiej jakiś jon wchodzi do kompleksu, tym trudniej daje się z niego usunąć.*

Stężenie jonów w roztworze glebowym określane jest przez procesy występujące w glebie: utlenianie, redukcję, strącanie itp. Substancje podlegają także procesowi odwrotnemu – *desorpcji* z kompleksu.

Organiczna biomasa gleby pełni istotną funkcję w reakcjach wymiany kationów i tworzeniu kompleksów (głównie chelatów) metali śladowych. *Cząsteczki rozpuszczalnych związków organicznych o małej masie cząsteczkowej mogą tworzyć kompleksy z metalami, które występują w roztworze gleby. Kompleksy te są przyswajalne biologicznie, gdyż ligand organiczny zapobiega adsorpcji metalu na powierzchni koloidów glebowych. Jednak na zestalonym i spolimeryzowanym w znacznym stopniu humusie metale ulegają adsorpcji na skutek tworzenia się chelatów, przez co nie mogą ulegać przemieszczaniu i przyswajaniu biologicznemu* (Alloway, 1999).

Obniżenie się pH gleby zmniejsza ilość zaadsorbowanych metali i powoduje wzrost ich stężenia w roztworze glebowym. Stąd infiltrują do głębszych warstw gleby lub są przyswajane przez rośliny. Spowalniają również rozkład organicznych substancji szkodliwych, obumarłych organizmów roślinnych i zwierzęcych wskutek zaniku biomasy mikroorganizmów glebowych.

Właściwości buforowe gleby

Gleba jest ośrodkiem buforowym dla wielu substancji. Zdolność buforowa gleb polega na przyjmowaniu jonów kwasowych i zasadowych bez gwałtownych zmian odczynu gleby, czyli przeciwstawianie się nagłym zmianom pH (Tabela 8. przedstawia stopnie zakwaszenia i przedziały pH gleb). Zależy ona przede wszystkim od ilości i jakości koloidów glebowych, przy czym gleby lekkie, piaszczyste są słabo zbuforowane, zaś gleby ciężkie, gliniaste wykazują wysoki stopień zbuforowania. Im większą pojemność sorpcyjną wykazują koloidy, tym większą mają zdolność buforowania. Najsilniejsze działanie buforujące wykazują kwasy huminowe, minerały ilaste grupy montmorylonitu (ił), illitu, mieszaniny słabych kwasów i ich soli (np. bufor węglanowy: $H_2CO_3 + Ca(HCO_3)_2$, bufor fosforanowy: $H_3PO_4 + Ca(H_2PO_4)_2$).

Tabela 8. Stopnie zakwaszenia i przedziały pH gleb (Gorlach, Mazur, 2002)

Stopień kwasowości	pH _{KCl}	pH _{H₂O}	% gleb
Bardzo kwaśny	< 4,5	≤ 5,0	25
Kwaśny	4,6 ÷ 5,5	5,1 ÷ 6,0	35
Lekko kwaśny	5,6 ÷ 6,5	6,1 ÷ 6,7	25
Obojętny	6,6 ÷ 7,2	6,8 ÷ 7,4	15
Zasadowy	> 7,2	> 7,4	

3.2. Pierwiastki wchodzące w skład litosfery

Skład chemiczny litosfery jest zróżnicowany. Skąły tworzące skorupę ziemską zbudowane są z pierwiastków, których udział zależy od budowy atomu danego pierwiastka. Budowa atomowa pierwiastka ma istotny wpływ na jego zachowanie się w różnych procesach geochemicznych środowiska przyrodniczego – tak naturalnych, jak i antropogenicznych. Tabela 9. ilustruje podział pierwiastków na grupy technologiczne.

Spośród różnych klasyfikacji pierwiastków tworzących strukturę litosfery na uwagę zasługuje klasyfikacja pierwiastków według Wiernadskiego. Dokonał on podziału pierwiastków według ich geochemicznego udziału w procesach migracji zachodzących w zewnętrznych strefach Ziemi oraz zdolności do koncentrowania się lub rozpraszania w tych strefach. Klasyfikacja ta tworzy 6 grup (Kabata-Pendias, Pendias, 1999):

- **Pierwiastki cykliczne:** najliczniejsze, będące podstawą skorupy ziemskiej, którą budują w 99,9% jej masy: H, Be, B, C, N, O, F, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ge, As, Se, Sr, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Te, Ba, W, Au, Hg, Tl, Pb, Bi. Określenie „cykliczne” odnosi się do wielokrotnego tworzenia tych samych charakterystycznych związków, jakie powstają w różnorodnych i odwracalnych reakcjach chemicznych.
- **Pierwiastki ziem rzadkich (lantanowce):** stanowią około 0,018% skorupy ziemskiej – wchodzą w skład minerałów trwałych, odpornych na wietrzenie przez co nie biorą udziału w obiegu geochemicznym pierwiastków lub dzieje się to w bardzo ograniczonym stopniu.
- **Pierwiastki rozproszone:** stanowią około 0,04% masy skorupy ziemskiej. Pierwiastki te z reguły nie tworzą własnych minerałów lecz współwystępują, jako domieszki pierwiastków cyklicznych. Są to: Li, Sc, Ga, Rb, Y, In, Cs, Br, I. Pierwiastki te (oprócz Br i I) mogą podlegać kumulacji podczas procesów

Tabela 9. Podział pierwiastków na grupy technologiczne (Bolewski, 1982)

Grupa	Pierwiastek	Liczba pierwiastków	% wag. w zewnętrznych częściach skorupy ziemskiej
Niemetale	H, B, C, N, O, F, Si, P, S, Cl, Se, Br, Te, I	14	75,64
Metale alkaliczne	Li, Be, Na, Mg, Al, K, Ca, Rb, Sr, Cs, Ba	11	18,85
Metale grupy żelaza	Fe, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Mo, W, Re	10	5,45
Metale ziem rzadkich	lantanowce, skandowce	21	0,04
Metale nieżelazne	Cu, Zn, Ga, Ge, As, Cd, In, Sn, Sb, Hg, Tl, Pb, Bi	13	0,02
Pierwiastki promieniotwórcze	Po, At, Rn, Fr, Ra, Ac, Th, Pa, U	9	0,0015
Gazy szlachetne	He, Ne, Ar, Kr, Xe	5	0,00013
Metale szlachetne	Ru, Rh, Pd, Ag, Os, Ir, Pt, Au	8	0,00001

magmowych i tworzyć własne minerały, podlegające rozproszeniu i rozcieńczeniu w procesie wietrzenia. Br i I są rozproszone w minerałach pierwotnych, a w procesach wtórnych mogą ulegać kumulacji.

- **Pierwiastki promieniotwórcze:** stanowią około 0,001% masy skorupy ziemskiej. Są to aktynowce, a szczególnie Th i U, które mogą tworzyć wtórne minerały i brać udział w cyklu geochemicznym. Cykl ten jest z reguły nieodwracalny z uwagi na samorzutny rozpad atomów w perspektywie czasowej.
- **Metale szlachetne:** stanowią około 0,00002% masy skorupy ziemskiej. Są to Rh, Ru, Pd, Os, Ir, Pt. Nie biorą udziału w cyklu geochemicznym.
- **Gazy szlachetne:** to He, Ne, Ar, Kr, Xe – nie biorą udziału w cyklu geochemicznym.

3.3. Obieg pierwiastków w środowisku geologicznym

Cykl rozwojowy skorupy ziemskiej warunkuje krążenie pierwiastków chemicznych. Ogół procesów jakim podlegają skały i minerały prowadzące do powstania gleby obejmują fizyczne i biologiczne krążenie pierwiastków w układzie: skała macierzysta, atmosfera, hydrosfera, zwietrzelina, mikroorganizmy, gleba. *Z powodu różnej podatności poszczególnych minerałów na wietrzenie oraz niejednakowej rozpuszczalności produktów wietrzenia chemicznego, procesowi temu towarzyszy z reguły segregacja uwolnionych składników skał przez wody krążące w zwietrzelinie* (Bednarek, Prusinkiewicz, 2002). Naturalny obieg pierwiastków śladowych w ekosystemach charakteryzuje zróżnicowany bilans między ilością uwalnianych pierwiastków w wyniku procesów hipergenicznych a ich wiązaniem w utworach geologicznych.

Całkowite zawartości pierwiastków śladowych (w glebach) dają ogólną informację o najczęstszych zakresach ich stężeń na obszarach słabo lub niezanieczyszczonych. Rozmieszczenie ich w glebach jest zróżnicowane i zależy od takich procesów, jak: rozpuszczalność, sorpcja, powstawanie związków kompleksowych, wytrącanie, akluzja, dyfuzja (w struktury minerałów), utlenianie, wiązanie przez substancje organiczne oraz pobieranie przez mikroorganizmy roślinne i zwierzęce.

Obieg ten wywołują naturalne procesy środowiska czyli magmowe, osadowe, metamorficzne, pomagmowe, ultrametamorficzne. Zachodzą one pod wpływem naturalnych czynników hydrosfery, atmosfery i biosfery. Łączne oddziaływanie tych czynników na odsłonięte składniki litosfery oraz energia promieniowania słonecznego składają się na proces zwany **hipergenicznym**. Wymienione procesy kształtowane są przez wietrzenie, transport, sedymentację, diagenезę, pedogenezę, wpływając na rozkład pierwiastków litosfery oraz na skład chemiczny gleb, wód powierzchniowych i podziemnych.

Obieg pierwiastków w biosferze może zostać zaburzony w wyniku gospodarczej działalności człowieka. Także określenie **naturalnych** zawartości pierwiastków śladowych w glebach oraz stopnia ewentualnego zanieczyszczenia jest zagadnieniem złożonym, ponieważ większość gleb podlega w mniejszym lub większym stopniu wpływom antropogenicznym. Duże znaczenie ma intensywny rozwój technologii, który znacząco wpływa na intensywność rozwoju górnictwa, przemysłu ciężkiego

i rolnictwa, będących podstawą antropogenicznych zmian środowiska geologicznego w skali lokalnej, regionalnej i globalnej.

W antropogenicznej działalności człowieka uwalniane pierwiastki chemiczne podlegają różnym formom migracji i stopniowemu oraz częściowemu włączaniu w cykl geochemiczny. *Wzrost zużycia pierwiastków i związana z tym eksploatacja górnicza (...) prowadzą do zmian w proporcji między ich uruchomieniem i wprowadzeniem do środowiska biologicznego a ponownym odkładaniem w utworach geologicznych. Pierwiastki, których wydobywanie przekracza ich odkładanie na współczesnych utworach geologicznych stanowią potencjalne zagrożenie dla środowiska* (Kabata-Pendias, Pendias, 1999).

Cykl biogeochemiczny

Biosferę Ziemi ogólnie podzielić można na trzy podstawowe ekosystemy: lądowy, powierzchniowych wód lądowych płynących i stojących (słodkich) oraz wód morskich i oceanicznych (słonnych). W obrębie tych ekosystemów występują mniejsze ekosystemy o odmiennym składzie gatunkowym populacji je zasiedlających oraz składzie jakościowym i ilościowym pierwiastków biogennych. Warunkiem istnienia każdego ekosystemu jest opieranie się zmianom poprzez zachowanie równowagi pomiędzy procesami przemian materii i obiegu energii, czyli **homeostaza**.

Wymiana materii to krążenie pierwiastków międzyżywionymi i nieożywionymi elementami ekosystemów, które sprowadza się do **cykli biogeochemicznych**. Wyróżnia się dwa podstawowe typy cykli biogeochemicznych: (1) **obieg typu gazowego**, gdzie zbiornikiem krążącego składnika jest atmosfera lub hydrosfera; (2) **obieg typu sedymentacyjnego**, gdzie zbiornikiem krążącego składnika jest skorupa ziemna.

Migracja pierwiastków jest urozmaicona i skomplikowana. Obejmuje różnego rodzaju migracje: mechaniczną (fizyczną), wodną, atmosferyczną, koloidalną.

Cykl biogeochemiczny określa drogi mniej lub bardziej zamkniętego obiegu (migracji) poszczególnych składników, takich jak: H_2O , C, O, N, P, S oraz innych pierwiastków, bardziej lub mniej ważnych dla organizmów żywych – Tabela 10. W naturalnych ekosystemach cykl biogeochemiczny charakteryzuje pewna regularność. Regularność ta może zostać zaburzona antropogeniczną działalnością człowieka poprzez wprowadzenie do środowiska nadmiaru składników lub ich wyeksploatowanie.

W 1979 roku Bowen dokonał podziału pierwiastków według stopnia kumulacji w biosferze. Podział ten wyróżnia:

- Pierwiastki o bardzo dużym współczynniku kumulacji ($10 \div 600$): Ag, Au, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Sb, Sn, Tl, Zn.
- Pierwiastki o dużym współczynniku kumulacji ($1 \div 10$): Ba, Bi, Ca, Fe, Mn, Mo, P, Ti, Li.
- Pierwiastki o średnim współczynniku kumulacji ($0,01 \div 1$): Al, As, Ba, Co, Ge, K, Li, Na, Rb, V, W, B, Br, Cl, F.
- Pierwiastki o małym współczynniku kumulacji ($< 0,01$): Ga, La, Mg, Nb, Sr, Ta, Zr.

Tabela 10. Szacunkowe dzienne zapotrzebowanie i pobór z pokarmem pierwiastków śladowych przez człowieka (o wadze około 70 kg) (Kabata-Pendias, Pendias, 1999)

Pierwiastek	Pobieranie		Zapotrzebowanie lub normy WHO
	średnia dla świata	średnia dla Wlk Brytanii	
mg/dzień			
Al	45	2,3	
B			3 ^a
Cu	3,5	3,1	1,5÷4
Fe	13		(8) 10÷15 ^d
Mn	3,7	2,7	2,5÷6
Rb	2,2	4,4	
Zn	13	14,3	15
µg/dzień			
Ag	70	27	
As	330		147 ^e
Ba	750	603	
Be	12	15	
Br		8,4	
Cd	150	64	57÷71 ^a
Co	40÷50		
Cr	150	320	50÷200
Cs	10	13	
Hg	20		40÷50 ^a
I		220	150
Li		107	
Mo	3,7	2,7	
Ni	165		25÷35
Pb	440	320	415÷550 ^a
Sb	50	34	
Se	<30÷320 ^b		160÷200 (400) ^f
Sr	1900	858	
Th	3	<0,05	
Ti	850	800	
Tl	1,5	<2	
U	1,9	0,99	
V	10÷100		

^a Dopuszczalne dzienne pobranie przez kobietę (niższa wartość) i mężczyznę (wyższa wartość)

^b Pobieranie Se silnie zróżnicowane w poszczególnych krajach, najniższa wartość podana dla Finlandii, najwyższa dla Wenezueli (Combs, Combs 1986)

^c Dawka zalecana (Nielsen, 1997)

^d Większa wartość dla młodych kobiet

^e W formie nieorganicznej

^f Kolejno dawki: w Polsce, Finlandii i bezpieczna

W budowie organizmów żywych uczestniczą także pozostałe pierwiastki śladowe w zmiennych ilościach. Jak wcześniej już wspomniano, czynniki wpływające na zmienność ilościową i jakościową są ze sobą powiązane – zależą m.in. od pozycji organizmu w systematyce gatunkowej. Im wyższa jest ta pozycja tym selektywniej składnik mineralny pobierany jest ze środowiska naturalnego. Ponadto każdy organizm charakteryzuje określona granica biologicznej kumulacji pierwiastków (biokumulacji) chemicznych i różny stopień koncentracji dla różnych pierwiastków.

Przekroczenie progu biokoncentracji w żywym organizmie powoduje w nim zmiany fizjologiczne, morfologiczne, immunologiczne i zachowawcze. Ponieważ każdy organizm charakteryzuje pewien stopień samoregulacji wewnątrzustrojowej w celu zachowania równowagi ustroju, z czasem może dojść do (1) homeostazy poprzez dostosowanie się organizmu do zmiany i jej dziedziczne utrwalenie – powstają nowe gatunki organizmów i populacje; (2) organizmy bardziej wrażliwe na zmiany proporcji składników chemicznych wskutek ich nadmiaru lub niedoboru chorują i giną.

Pierwiastki wracają do środowiska naturalnego po mineralizacji takiego organizmu. Dla wszystkich pierwiastków eksploatowanych przez człowieka i wykorzystywanych w różnych cyklach różnorodnych gałęzi przemysłu, można ustalić kolejność i proporcje przechodzenia do ekosystemów przez kolejne ich komponenty, organizmy roślinne i zwierzęce.

Wpływ pierwiastków na organizmy

Szkodliwość pierwiastków śladowych zanieczyszczających środowisko wynika w dużym stopniu z ich biochemicznych i biologicznych właściwości. Od tych właściwości zależą zjawiska, które literatura umuje następująco (Kabata-Pendias i Pendias, 1999):

- Podatność na biokumulację: ze środowiska wodnego (np. Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, Sr) oraz z gleby (np. Cd, Zn, B, Sn, Cs, Rb).
- Koncentracja w biolitach w wyniku procesów geologicznych (np. Ba, Be, V, Se, B, Ge, Rb, Sr, La, Ce, Pb, F, Zn, U).
- Łatwa absorpcja z przewodu pokarmowego (np. Hg, Cd, I, Zn, B).
- Przenikanie przez łożysko do zarodka (np. Cd, Hg, Pb, Zn).
- Przenikanie przez barierę biologiczną krew–mózg (np. Hg, Pb, B, Al).
- Tworzenie połączeń z sulfhydryłowymi grupami białek (np. Hg, Pb, Se, Cd).
- Uszkodzanie budowy łańcucha kwasów nukleinowych – zwłaszcza DNA i RNA (np. Cu, Zn, Cd, Hg, Ni).

Pierwiastki kumulujące się w tkankach miękkich organizmów żywych wykazują większy stopień toksyczności od tych samych pierwiastków, ale nagromadzonych w tkankach twardych. Kumulacja, czyli odkładanie się nadmiernych ilości pierwiastków w tkankach nie biorących udziału w metabolizmie stanowi swoisty proces ochronny każdego organizmu. Pod wpływem różnorodnych czynników zewnętrznych lub wewnętrznych, jakie oddziałują na organizm pierwiastki mogą być

uruchomione i włączone w procesy biochemiczne, często uszkadzając organizm i prowadząc do jego śmierci (np. w wyniku stresu, choroby).

3.4. Transport substancji szkodliwych w glebie

Mechanizmy przenoszące zanieczyszczenia są różnorodne. Do podstawowych czynników przenoszących zanieczyszczenia należą transport przez wody i wiatr, działanie sił grawitacji (np. ruch pyłów z hałd odpadów do rzek lub na powierzchnię gleby), transport antropogeniczny (łędem, morzem, powietrzem) i przez umiejscowienie (np. składowanie i hałdy odpadów).

Transport zależy od właściwości fizycznych, chemicznych i biochemicznych substancji zanieczyszczających i właściwości fizyko-chemicznych oraz biologicznych ośrodka transportu. Skażenie substancjami szkodliwymi w wodzie i powietrzu ulega szybkiemu rozcieńczeniu wskutek mieszania i rozpraszania. Transport zanieczyszczeń w glebie jest znacznie wolniejszy niż w wodzie czy powietrzu. Może jednak występować szybkie, wtórne przemieszczanie się cząstek gleby z zaadsorbowanymi substancjami szkodliwymi, gdy są one przemieszczane wskutek erozji wodnej i wietrznej.

Nagromadzenie w glebie różnych substancji następuje w wyniku ich adsorpcji przez cząstki gleby. Gleba adsorbuje cząstki suche i mokre przenoszone z powietrzem, często zawierające substancje szkodliwe, jak np. toksyczne metale ciężkie. Adsorbuje też gazy obce dla atmosfery, jak SO_2 i HF i uwalnia pewne ilości gazów, m.in. powstałych z rozkładu materii organicznej, takie jak CO_2 i NH_3 oraz w procesie denitryfikacji N_2 i NO_x .

Adsorpcja substancji organicznych i nieorganicznych przez cząstki gleby występuje z różną siłą. Ponadto hamuje ona proces przenikania substancji szkodliwych przez głębsze warstwy gleby do lustra wody oraz hamuje możliwość przyswajania ich przez rośliny, które pobierają pokarm mineralny w postaci jonowej. Im silniej substancja zanieczyszczająca jest adsorbowana przez cząstki gleby, tym mniejsze jest prawdopodobieństwo migracji tej substancji do głębszych warstw i przyswajanie przez rośliny. *Związki nierozpuszczalne gromadzą się na powierzchni, a hydrofobowe związki organiczne wiążą się z materią organiczną występującą w warstwie powierzchniowej. Te zaadsorbowane na cząstkach gleby substancje zostają wbudowane w warstwę powierzchniową, przenikają także do głębszych warstw gleby w wyniku jej ruchów mechanicznych lub pęknięć spowodowanych suszą. Cząsteczki niektórych organicznych substancji szkodliwych na powierzchni gleby ulegają rozkładowi fotochemicznemu w wyniku działania promieniowania UV występującego w świetle słonecznym (Alloway, 1999).*

Organiczne substancje szkodliwe (niejonowe i niepolarne) są adsorbowane na humusie i kumulowane w powierzchniowej warstwie gleby. Zachowanie się zanieczyszczeń organicznych w glebie zależy od ich:

- Rozpuszczalności w wodzie (mg/l).
- Stałej podziału substancji między glebę i wodę (K_g): jest to stosunek części związku osadzającego się na glebie do części pozostającej w roztworze w stanie równowagi.

- Stałej podziału substancji między oktanol i wodę (K_{ow}): określająca hydrofobowość związku: jest to stosunek stężenia substancji w oktanolu do stężenia tej samej substancji w wodzie. Mała wartość K_{ow} wskazuje, że związek jest hydrofilowy (słabo hydrofobowy) i słabo sorbuje się na materii organicznej gleby.
- Stałej podziału substancji między węgiel pochodzenia organicznego zawarty w glebie i wodę (K_{cw}): jest to ilość związku zaadsorbowanego na jednym kg węgla organicznego i wyraża się jako stosunek stałej K_g do ułamka węgla w glebie występującego pod postacią materii organicznej.

Większość substancji organicznych (poza rozpuszczalnikami, pestycydami i związkami chloroorganicznymi) jest słabo rozpuszczalna w wodzie, więc w niewielkim stopniu infiltruje w głąb gleby. Transport ich może jednak osiągnąć znaczne odległości wskutek migracji cząstek gleby z zaadsorbowanymi na nich związkami organicznymi szkodliwymi w wyniku erozji wodnej i wietrznej oraz czynników mechaniczno-fizycznych środowiska litosfery.

Rozkład zawartej w glebie szkodliwej substancji organicznej (np. pestycydy, rozpuszczalniki chlorowane) może następować w sposób:

- **niebiologiczny**: rozkład w wyniku procesów hydrolizy, utleniania i redukcji, powolnego parowania (ulatniania się) i fotorozkładu (zachodzącego w powierzchniowej warstwie gleby wystawionej na działanie światła);
- **biologiczny**: rozkład w obecności mikroorganizmów, które rozwinęły zdolność do rozkładu chloropochodnych organicznych, wielopierścieniowych węglowodorów, w tym aromatycznych.

W glebie zanieczyszczenia ulegają nagromadzeniu czyli kumulacji. Jeśli pobierane są przez organizmy roślinne i zwierzęce to występuje zjawisko **biokumulacji** (biokoncentracji).

Bardzo niekorzystnym zjawiskiem występującym przy zakwaszeniu (obniżeniu pH) gleby jest wzrost rozpuszczalności metali ciężkich. Występując w formie jonowej, mogą być w nadmiernym stopniu pobierane przez rośliny i inne organizmy.

3.5. Czynniki zanieczyszczenia gleb

Gleba stanowi lądowy ekosystem, który zanieczyszczany jest głównie antropogeniczną działalnością człowieka, przez przemysł, górnictwo, rolnictwo. Istotnym czynnikiem zanieczyszczeń jest także sucha i mokra depozycja zanieczyszczeń pochodzących z aktywności przemysłowej: hutniczej, transportowej, prób broni atomowej czy awarii nuklearnych. Główne źródła zanieczyszczeń powierzchni Ziemi ilustruje Tabela 11.

Do przykładowych gałęzi przemysłu, biorących udział w bezpośrednim lub pośrednim zanieczyszczeniu gleb oraz emitujących pierwiastki należą:

- Przemysł chemiczny (farbiarstwo, garbarstwo, produkcja środków czystości i preparatów roślinnych oraz tworzyw sztucznych i wyrobów gumowych): As, B, Ba, Br, Cd, Cr, Cu, F, Fe, Hg, Pb, Se, Sn, Ti, Zn.

Tabela 11. Główne źródła zanieczyszczenia powierzchni Ziemi (Walker, 2002)

Źródło	Główne zanieczyszczenie	Komentarz
Składowanie odpadów, w tym wysypiska śmieci/składowiska/hałdy przemysłowe	Bardzo szeroki wachlarz różnorodnych zanieczyszczeń	Niektóre hałdy przemysłowe są „bogate” w zanieczyszczenia określonego rodzaju, np. ropę, osady rud metali, PCB, itp.
Stosowanie pestycydów na użytkach rolnych i w lasach	Insektycydy, rodentycydy, herbicydy i fungicydy w postaci aerozoli, pyłów, zapraw nasiennych itp.	W większości krajów istnieją ścisłe przepisy regulujące stosowanie pestycydów
Zwalczanie owadów – roznosicieli chorób	Insektycydy	Główne zanieczyszczenie dużych obszarów z powodu zabiegów zwalczających muchy tse-tse i komary roznoszące malarię
Stosowanie ścieków na użytkach rolnych	Metale ciężkie, azotany, detergenty	
Zalewanie przez rzeki lub morze	Różnorodność zanieczyszczeń, w tym także obecnych w ściekach	
Strącanie z powietrza w postaci pyłu lub kropelek albo wraz z deszczem lub śniegiem	Zanieczyszczenia związane z sadzą i pyłem, kwaśne deszcze, pestycydy	Transport może zachodzić na małe odległości (dryf aerozoli, sadza i pył z kominów) lub duże odległości (pył opadający na ziemię głównie wraz z deszczem i śniegiem)

- Przemysł nawozów sztucznych: Cd, Cr, Cu, F, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn, Se, V, ²²⁶Ra.
- Przemysł celulozowo-papierniczy: Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn.
- Przemysł elektrotechniczny: Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Se, Ti, V, W, Zn.
- Rafinerie ropy naftowej: B, Br, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn.
- Elektrownie węglowe i przemysł koksowniczy: duży zestaw pierwiastków śladowych zależny od ich nagromadzenia w przerabianych węglach, a także B i Se.
- Hutnictwo i metalurgia żelaza: Fe, Co, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sn, Zn.
- Hutnictwo metali nieżelaznych: metale związane z główną produkcją hut oraz różne pierwiastki towarzyszące.
- Przemysł szklarski, ceramiczny, cementowy i azbestowy: B, Cr, F, Ni, Cu, Co, Pb, Sr.
- Hutnictwo glinu: F.
- Reaktory i elektrownie jądrowe: radioizotopy.

Tak długo, jak człowiek zamieszkuje na tej Planecie, wiosna była porą odrodzenia i śpiewających ptaków. Obecnie, w wielu częściach Ameryki, wiosna jest dziwnie milcząca, ponieważ wiele ptaków jest martwych – są to przypadkowe ofiary naszych nierozważnych prób kontrolowania środowiska przez stosowanie substancji chemicznych, trujących nie tylko insekty, przeciwko którym są skierowane, ale również ptaki w powietrzu, ryby w wodzie, glebę dostarczającą nam pożywienia i nieuchronnie (w jakim stopniu, to jeszcze nie wiadomo) samego człowieka.

(Rachel Carson „Silent Spring” – 1962)

Rozdział 4

ROLNICZA DZIAŁALNOŚĆ CZŁOWIEKA

Główne problemy ochrony środowiska, związane z działalnością rolniczą człowieka, polegają nie tylko na zabezpieczeniu środowiska przed zanieczyszczeniem. Dotyczą także koniecznego utrzymania zdolności produkcyjnej podstawowych zasobów naturalnych, niezbędnych dla produkcji żywności. Zachowanie ich zmusza do wejścia na drogę właściwych zabiegów agrotechnicznych. Zdolność produkcyjna biosfery może być utrzymana i ulepszana jedynie przy zastosowaniu takich sposobów rozwoju przemysłu rolniczego, które są zgodne z wymaganiami ochrony środowiska.

Rozwój rolnictwa oparty jest o wzrost produkcji żywności. Nie może być dokonany kosztem pogarszania lub niszczenia naturalnych zasobów przyrody. Musi być prowadzony z zachowaniem pierwotnych cech środowiska oraz jego zasobów. Jeśli uzna się, że ostatecznym celem rozwoju rolnictwa i ochrony środowiska jest poprawienie społecznych, ekonomicznych i duchowych warunków życia człowieka, to okaże się, że nie ma sprzeczności pomiędzy rozwojem cywilizacyjnym a środowiskiem naturalnym, gdyż tworzą one jedną całość.

Produkcja rolnicza jest obecnie wystarczająca, zła natomiast jest jej dystrybucja. Wielkość strat plonów zależy od wielu czynników i zmienia się w kolejnych latach wraz ze zmianą rządów, poglądów społecznych i politycznych. Do głównych czynników wpływających na stopień strat zasobów żywności należą m.in.: warunki klimatyczne i przebieg pogody w okresie wegetacyjnym, gatunki i odmiany hodowanych roślin i zwierząt, metody zbioru, transportu, przechowywania (składowania), przetwarzania, dystrybucji i sprzedaży. Wielkość konsumpcji produktów rolnych uzależniona jest także od czynnika ekonomicznego kraju, regionu lub lokalnej społeczności. Produkcja żywności i jej dystrybucja stanowi obecnie światowy problem. Kraje wysoko rozwinięte, zamożne szczytują się jej nadmiarem, ale nie mogą uzyskać odpowiedniego stopnia zysków ze sprzedaży. Kraje rozwijające się mają kłopoty z pozyskaniem rynków zbytu poza swymi granicami, a często na obszarze swego terytorium z uwagi na dominację produktów tańszych z krajów rozwiniętych. Kraje Trzeciego Świata nie mają wystarczających funduszy by zaspokoić powszechny głód swej społeczności.

Nowe trendy w rolnictwie światowym i krajowym propagują idee istotne dla ochrony zasobów rolniczych. Istotne jest, aby każdy kraj przyjął zrównoważoną strategię zwiększenia produkcji żywności, wynikającą z długofalowej polityki rolnej.

Na przestrzeni ostatniego stulecia rolnictwo przechodziło wiele stadiów przeobrażeń opartych na modzie ówczesnych lat propagowanej przez naukowe centra rolnicze. Kolejne etapy tej transformacji przybliżone zostały poniżej.

4.1. Rolnictwo uprzemysłowione

Rolnictwo uprzemysłowione opiera się na doskonaleniu chemicznych i technicznych środków produkcji oraz wzroście sukcesów hodowlanych w produkcji roślinnej i zwierzęcej. Wzrost ten jest możliwy dzięki coraz większemu zużyciu energii (w postaci paliwa, środków chemicznych, irygacji itp.) na jednostkę powierzchni gospodarstwa. W ich wyniku następuje spotęgowanie negatywnych skutków ekologicznych, a więc zagrożenie obszarów źródłiskowych, eutrofizacja wód, zmniejszenie bioróżnorodności genetycznej itp.

Rolnictwo uprzemysłowione przeżywa obecnie w świecie kryzys strukturalny i ekologiczny, będący skutkiem postępu technicznego, co przejawia się:

- Zagrożeniem egzystencji ekonomicznej około jednej trzeciej wszystkich gospodarstw rolnych.
- Powszechną nadprodukcją prawie wszystkich płodów rolnych.
- Degradacją środowiska produkcji rolnej przez współczesne technologie (w krajach rozwiniętych rolnictwo zaliczane jest do największych „niszczycieli” środowiska).
- Negatywnym wpływem na stan i rozwój rolnictwa krajów Trzeciego Świata (w wyniku eksportu pasz tracone są tam wartościowe obszary rolnicze).

Do podstawowych skutków rolnictwa uprzemysłowionego należą: ograniczony płodozmian (co prowadzi do spadku żyzności gleby); zbyt duże i często nadal wzrastające zużycie pestycydów; rozszerzenie się upraw niekorzystnie oddziałujących na środowisko; zbyt intensywne i jednostronne nawożenie mineralne; zbyt intensywne i niewłaściwe nawożenie organiczne zwłaszcza gnojowicą; uprawa niezgodna z warunkami siedliskowymi; zanikanie tradycyjnych i sprawdzonych przez stulecia metod uprawy i chowu; intensyfikacja wykorzystania gleb; niszczenie drobnych biotopów i ekosystemów, żywopłotów, zadrzewień śródpolnych, miedz itp.; powiększenie obszarów pól kosztem naturalnych ekosystemów; niezgodne z warunkami siedliska przekształcenie użytków zielonych na pola uprawne; jednostronne i zbyt intensywne wykorzystywanie użytków zielonych; zubażanie odmian roślin i ras zwierząt (niezgodne z wymogami gatunkowymi formy chowu zwierząt użytkowych i rozwoju roślin); niezdrowe systemy karmienia zwierząt użytkowych; jednostronna hodowla zwierząt jedynie ze względu na określony efekt produkcyjny; nieekologiczna technika rolnicza.

Ubożeniu gleb sprzyja uprawa monokultur trzciny cukrowej, kakao, kawy, kukurydzy, orzeszków arachidowych. W konsekwencji obniża to produktywność ekosystemów (Karaczun, Indeka, 1999).

4.2. Rolnictwo *high-tech-agriculture*

Koncepcja ta zakłada **superzindustrializowane** metody produkcji rolnej różniące się jakościowo od metod dotychczas stosowanych. Według tej koncepcji przyszłe rolnictwo będzie charakteryzować się szybkim rozwojem inżynierii genetycznej, która doprowadzi do dalszych sukcesów polegających na znacznym zwiększeniu plonów. Koncepcja ta dąży także do rozwoju mikroelektroniki, która zautomatyzuje i zoptymalizuje procesy produkcji rolnej za pomocą mikroelektronicznego przetwarzania danych. Wprowadzenie tego typu rolnictwa prowadzi ostatecznie do zerwania wszelkich więzi pomiędzy tradycją chłopskiego gospodarstwa rodzinnego a funkcjonowaniem przedsiębiorstwa rolniczego.

Obok dotychczasowych negatywnych skutków ekologicznych (chemizacja i mechanizacja) rolnictwa uprzemysłowionego pojawiłyby się więc nowe niebezpieczeństwa związane z wykorzystaniem biotechnologii, a zwłaszcza inżynierii genetycznej.

Inżynieria genetyczna jest nauką zajmującą się przebudowywaniem materiału genetycznego żywych organizmów. W efekcie powstają genetycznie modyfikowane organizmy (GMO) o często zupełnie nowych cechach. Dziedzina ta daje wielkie nadzieje, olbrzymie możliwości, fascynuje, a równocześnie przeraża i budzi wątpliwości natury moralnej: gdzie jest granica ingerencji człowieka w przyrodę. Podstawową obawą jest przekonanie, że przy obecnym poziomie wiedzy trudno ocenić pełne ryzyko związane z wprowadzeniem genetycznie modyfikowanych organizmów do środowiska. W czasach, kiedy każdego roku przestaje istnieć przynajmniej kilka tysięcy gatunków, wszystkie dodatkowe zaburzenia naturalnej równowagi ekosystemów mogą spowodować zachwianie globalnej równowagi ekologicznej. GMO, jako organizmy żywe, z zupełnie nową i nienaturalną kombinacją genów, mają jedyną w swym rodzaju siłę – dążącą do zniszczenia innych żywych istot. Mogą się rozmnażać, mutować i rozprzestrzeniać w środowisku omijając bariery, jakie dla rozwoju organizmów naturalnych stworzyły mechanizmy ewolucji.

Najważniejsze zagrożenia powodowane rozwojem inżynierii genetycznej i uwalnianiem do środowiska GMO to m.in.:

- Możliwość wyparcia naturalnych gatunków roślin z ich siedlisk. Z wbudowaną zaporą przeciwko chorobom i szkodnikom lub ze szczególnymi cechami, zmutowane rośliny i zwierzęta mogą stać się konkurencją w stosunku do dziko występujących roślin i zwierząt, w efekcie mogą je wyprzeć z naturalnych ekosystemów.
- Zmutowane organizmy mogą krzyżować się z pokrewnymi gatunkami. Obcy gen może rozprzestrzenić się w środowisku powodując nieprzewidziane zmiany, które będą niemożliwe do zatrzymania kiedy się rozpoczną (w Australii w wyniku takiego skrzyżowania doszło do uodpornienia się chwastów na działania herbicydu Roundap).
- W roślinach uprawnych lub dziko rosnących mogą się rozwijać całkowicie nowe choroby. Niektóre obce geny są przenoszone do innych organizmów

przez wirusy, które mogą złamać bariery gatunkowe i pokonać naturalną obronę danego organizmu. Poza tym każdy nowy wirus może mieć siłę większą od wszystkich dotychczas znanych.

- Możliwość pojawienia się nowych odmian lub gatunków szkodników. Tworzenie roślin odpornych na chemiczne trucizny może doprowadzić do ryzyka pojawienia się zmutowanych szkodników, jeśli te ostatnie przejęłyby odporność na pestycydy.
- Prawdopodobieństwo zwiększenia ilości stosowanych środków ochrony roślin i preparatów chwastobójczych (zjawisko takie jest już obecnie stwierdzone jako bezpośredni skutek upraw GMO), co będzie korzystne tylko dla ich producentów.
- Rośliny zmutowane tak, żeby produkowały własny środek owadobójczy, mogą zaszkodzić w sposób niezamierzony także innym istotom: ptakom, ćmom, motyloom, pszczołom itp.
- Nie jest poznany też wpływ GMO na zdrowie człowieka – genetyczna modyfikacja może zwiększyć ryzyko występowania alergii i innych chorób środowiskowych.

Przy dzisiejszym stanie wiedzy nikt – włączając w to naukowców – nie zna pełnych efektów oddziaływania na środowisko nowych, stworzonych przez człowieka, form życia. Powszechnie uważa się, że poziom ryzyka stosowania metod inżynierii genetycznej jest jeszcze trudniej ocenić niż poziom ryzyka korzystania z energii atomowej. Wpływ jaki wywrą na środowisko genetycznie modyfikowane organizmy oraz na naturalną florę i faunę, ujawni się w przestrzeni czasowej.

Jednocześnie należy podkreślić, że zastosowanie inżynierii genetycznej niesie nadzieję w korzystnym rozwoju nauk medycznych i farmakologicznych. Nie chodzi więc o zatrzymanie badań nad inżynierią genetyczną, ale o jej ujęcie w takie ramy prawne i etyczne, aby jej rozwój nie zagroził istniejącym systemom ekologicznym i gatunkom, a więc i samemu człowiekowi.

4.3. Rolnictwo zintegrowane

Rolnictwo zintegrowane stanowi „złagodzoną” pod względem oddziaływania na środowisko formę rolnictwa przemysłowego. Próbuje ono uniknąć najbardziej negatywnych skutków ekologicznych, społeczno-kulturowych i ekonomicznych rolnictwa przemysłowego, nie rezygnując z jego osiągnięć. Stosuje nadal środki ochrony roślin i nawozy przemysłowe, lecz na ściśle określonym, minimalnym poziomie, w przekonaniu, że nie wpływa to negatywnie na środowisko.

W ramach zintegrowanej ochrony roślin stosuje się najrozmaitsze środki wzajemnie ze sobą powiązane. Chemiczne zwalczanie szkodników nie odbywa się profilaktycznie według zaleceń producentów tych środków, lecz na podstawie zaleceń niezależnej od producenta służby ochrony roślin stwierdzającej konieczność ich stosowania. Ponadto przywiązuje się dużą wagę do uprawy roślin zgodnej z warunkami siedliskowymi, płodozmianu, właściwego nawożenia, uprawy odpornych odmian, wzmacniania sił obronnych roślin uprawnych itp.

4.4. Rolnictwo ekologiczne

Według międzynarodowej federacji rolnictwa ekologicznego (IFOAM) rolnictwo ekologiczne jest zbiorem różnych szczegółowych koncepcji gospodarowania rolniczego, zgodnych z wymogami gleby, roślin i zwierząt, a jego nadrzędnym celem jest produkcja żywności wysokiej jakości, przy równoczesnym zachowaniu w jak największym stopniu równowagi biologicznej w środowisku przyrodniczym (Runowski, 1996).

Jako główne cele rolnictwa ekologicznego organizacja przyjmuje:

- Wytwarzanie żywności o wysokich walorach odżywczych i w dostatecznej ilości.
- Działanie wspierające wszelkie procesy życiowe zachodzące w systemach przyrodniczych – zamiast prób zdominowania przyrody.
- Podtrzymywanie i wzmacnianie cykli biologicznych w gospodarstwie.
- Utrzymywanie oraz podwyższanie trwałej żyzności gleby.
- Maksymalne wykorzystanie odnawialnych zasobów przyrody w oparciu o regionalną organizację produkcji rolnej.
- Dążenie do zamknięcia obiegu materii organicznej i składników pokarmowych w obrębie gospodarstwa.
- Stosowanie materiałów i substancji nadających się do wielokrotnego wykorzystania lub użytecznego przetworzenia w gospodarstwie lub poza nim.
- Zapewnienie zwierzętom gospodarskim warunków zgodnych z potrzebami żywymi poszczególnych gatunków zwierząt.
- Unikanie jakichkolwiek form skażenia i zanieczyszczenia środowiska w następstwie działalności rolniczej.
- Utrzymanie genetycznej różnorodności wszystkich żywych składowych gospodarstwa rolnego i jego otoczenia, włączając w to ochronę dziko żyjących zwierząt i roślin.
- Zapewnienie producentom godnego życia – w ONZ-owskim rozumieniu praw człowieka, odpowiednich dochodów oraz satysfakcji wynikającej między innymi z udziału w ochronie przyrody i poczucia wysokiej rangi zawodu.
- Zwrócenie uwagi na pozaprodukcyjne aspekty gospodarowania rolniczego: ekologiczne i społeczne.

Przez rolnictwo ekologiczne rozumie się więc system gospodarowania o możliwie zrównoważonej produkcji roślinnej i zwierzęcej w obrębie gospodarstwa, bazującej na środkach pochodzenia biologicznego i mineralnego, nieprzetworzonych technologicznie. Jest to więc taki sposób gospodarowania, który nie prowadzi do zachwiania równowagi ekologicznej i nie powoduje zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego. Według Sołtysiak (1993): (...) *rolnictwo ekologiczne jest systemem gospodarowania, który aktywizując przyrodnicze mechanizmy produkcyjne przez stosowanie środków naturalnych, nie przetworzonych technologicznie, zapewnia trwałą żyzność gleby i zdrowotność zwierząt oraz wysoką jakość biologiczną produktów. (...) to holistyczny system zarządzania produkcją rolną, promujący i wspo-*

magający bioróżnorodność, cykle biologiczne i biologiczną aktywność gleby. Jego wyróżnikami są niskie nakłady zewnętrzne, niestosowanie nawozów sztucznych i pestycydów oraz założenie, że lokalne uwarunkowania wymagają systemów dostosowanych lokalnie.

Produkcja rolna tylko wtedy może być stabilna przez dłuższy czas, gdy ziemia, wody, lasy, na których się ona opiera, nie są degradowane. Z tego powodu reakcją na niszczenie przyrodniczej bazy rolnictwa jest coraz większy wzrost popularności **rolnictwa ekologicznego**. Ten typ produkcji rolnej można uznać za najnowocześniejszą formę rolnictwa, bo opartą na znajomości praw przyrody. Ta forma rolnictwa jest najbardziej **inteligentna** pod względem biologicznym, bowiem metody rolnictwa ekologicznego oparte są na głębokiej wiedzy o prawach przyrody i na prawdziwym zaangażowaniu rolnika w produkcję rolną. Jedną z podstawowych zasad tego typu gospodarstwa jest zachowanie i wzmocnienie żyzności gleby, niedopuszczenie do jej degradacji oraz osiągnięcie plonu, który nie tylko powinien być obfity, lecz również dobrej jakości.

W obrębie rolnictwa ekologicznego występują różne kierunki działań i formy organizacji, które charakteryzują się wspólnymi zasadami. Najważniejsze z nich to (Karaczun, Indeka, 1999):

- Całościowy sposób traktowania procesów przyrodniczych, z którymi wiąże się produkcja rolna.
- Możliwie zamknięty obieg substancji w obrębie gospodarstwa o zróżnicowanej strukturze produkcyjnej (uwzględnia się tu przyrodnicze cykle biogeochemiczne).
- Minimalizacja obciążeń środowiska, między innymi dzięki stosowaniu lokalnych surowców i środków produkcji.
- Troska o żyzność gleby i dobre odżywianie organizmów zamieszkujących glebę.
- Stosowanie nawozów organicznych, przygotowanych wcześniej we własnym gospodarstwie w ilościach optymalnych, zgodnie z wymogami gleby i uprawianych roślin.
- Zwiększenie odporności roślin na szkodniki i choroby przez wprowadzenie różnorodności działań agrotechnicznych w gospodarstwie.
- Wybieranie gatunków oraz odmian zwierząt i roślin mało podatnych na choroby i przystosowanych do określonego środowiska.
- Oprócz profilaktycznych i długookresowo zaplanowanych działań w zakresie ochrony roślin preferuje się dążenie do ochrony organizmów użytecznych (naturalnych wrogów szkodników), stosowanie biotechnicznego zwalczania szkodników (np. opasek lepnych) i mechanicznych środków ochrony roślin. Przy grożącym spadku plonów – stosowanie specjalnych środków mineralnych i roślinnych.
- Dążenie do stosowania techniki rolniczej chroniącej glebę, oszczędzającej energię, przystosowanej do istniejących stosunków przyrodniczych.
- Zwiększenie wydajności i długowieczności zwierząt dzięki budowie odpowiednich pomieszczeń gospodarskich. Przygotowywanie pasz pochodzących

głównie z własnego gospodarstwa i pozbawionych takich składników, jak antybiotyki i specjalne środki przyspieszające tucz. Dla utrzymania zdrowia zwierząt stosowanie w miarę możliwości tylko środków naturalnych.

- Przystosowanie obsady zwierząt do powierzchni użytkowej rolniczo (przyjmuje się, że prawidłowa obsada wynosi 1 sztukę dużą na 1 hektar użytków rolnych).
- Utrzymanie zróżnicowanego i atrakcyjnego krajobrazu wiejskiego o wysokich walorach wypoczynkowych.
- Zapewnienie miejsc pracy przystosowanych do wymagań człowieka, gwarantujących możliwość rozwoju pracujących tu ludzi.
- Niestosowanie niektórych substancji chemicznych, takich jak łatwo rozpuszczalne przemysłowe nawozy mineralne i syntetyczne środki ochrony roślin, hormony i substancje wzrostowe w uprawie roślin i w chowie zwierząt.

Tworząc podstawy ochrony roślin w rolnictwie ekologicznym prowadzi się uprawy w takich warunkach, w których porażenie przez szkodniki lub choroby nie ma znaczenia gospodarczego lub jest ono niewielkie. Ochrona roślin w rolnictwie tego typu nie polega na zamianie środków chemicznych na biologiczne, lecz na podwyższeniu zdrowotności roślin oraz na tworzeniu takich warunków, aby ograniczyć występowanie szkodników i chorób.

Metody rolnictwa ekologicznego

W rolnictwie ekologicznym dominuje kilka podstawowych metod gospodarowania:

- **Metoda biodynamiczna:** oparta jest na ścisłej zależności **układu ziemia – człowiek – kosmos** oraz zakłada istnienie pewnych sił materii. Gospodarstwo rolne traktowane jest jak indywidualny organizm o maksymalnie zamkniętym obiegu materii poprzez wykorzystanie własnych nawozów i pasz (biodynamicznych preparatów ziołowych).
- **Metoda organiczno-biologiczna:** zakłada uzyskanie wysokich plonów roślin o wysokiej jakości bez użycia nawozów sztucznych i chemicznych środków ochrony roślin. Istotne znaczenie odgrywa tu płodozmian oraz stosowanie nawozów organicznych. Najważniejszym założeniem jest utrzymanie żyzności gleby przy wykorzystaniu wewnątrzgospodarskich możliwości.
- **Metoda organiczna:** oparta jest o system produkcji, który unika lub wyklucza stosowanie nawozów syntetycznych, pestycydów, regulatorów wzrostu i dodatków do pasz. W możliwie największym stopniu zaleca stosowanie płodozmianów, resztek poźniwnych, obornika, roślin motylkowych, nawozów zielonych, pozarolniczych źródeł materii organicznej, mechanicznej uprawy roli, zmielonych skał zawierających mineralne składniki odżywcze oraz biologicznej walki ze szkodnikami w celu utrzymania żyzności gleby, zapewnienia roślinom uprawnym dostatecznej ilości składników odżywczych i ochrony przed chorobami, szkodnikami i chwastami.

Metody stosowane w rolnictwie ekologicznym mają przynieść następujące korzyści:

- Poprawę osiągnięć produkcyjnych zarówno w produkcji roślinnej, jak i zwierzęcej.
- Wzrost wydajności gospodarstw rolnych – lepsze gospodarowanie energią i wodą, ograniczenie zużycia pasz i dodatków do nich.
- Poprawę jakości produktów rolnych – zarówno w zakresie samej żywności, jak i w sposobie jej przechowywania.
- Ograniczenie erozji gleb.
- Dostarczenie ludności żywności najwyższej jakości, a co za tym idzie, poprawa zdrowia społeczeństwa.
- Większą opłacalność eksportu żywności.
- Ograniczenie importu nawozów chemicznych i chemicznych środków ochrony roślin.
- Polepszenie mikroklimatu i gospodarki wodnej pól, a także wzbogacenie biocenozy.
- Ograniczenie skażenia środowiska dzięki stosowaniu mniejszej ilości substancji chemicznych oraz dzięki precyzyjnym sposobom ich stosowania.
- Stworzenie bazy dla agro- i ekoturystyki.

Warunki prowadzenia produkcji rolnej i przetwórstwa rolno – spożywczego metodami ekologicznymi oraz obrót jego produktami reguluje ustawa z dnia 16 marca 2001 r. o rolnictwie ekologicznym (Dz.U. z 2001 r., Nr 38, poz. 452).

4.5. Chemia w rolnictwie

Pestycydy

Rozwój chemicznej ochrony roślin rozpoczął się dopiero pod koniec XIX wieku, a dynamiczny rozwój dużego działu przemysłu chemicznego produkującego pestycydy – broń chemiczną i bakteriologiczną – nastąpił po II wojnie światowej.

Pestycydy (łac. *pestis*: zaraza, plaga; *caedere*: zabijać) są to naturalne lub sztuczne substancje chemiczne stosowane do zwalczania szkodników roślinnych i zwierzęcych. **Pestycydy naturalne** otrzymuje się przez ekstrakcje substancji biochemicznych z roślin, natomiast **pestycydy syntetyczne** uzyskuje się w procesie syntezy chemicznej.

Regulacje prawne USA pt. „Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act (FIFRA)” (Prawo federalne dotyczące insektycydów, fungicydów i rodencydów) podają, że: *pestycydem jest każda substancja lub mieszanina substancji, której celem jest zabezpieczenie się przed działaniem albo zniszczenie owadów, gryzoni, nematodów, grzybów, chwastów lub wszelkich innych niepożądanych organizmów, traktowanych jako potencjalna plaga* (Kowalik, 2002; za Watson, 1996). Przykładem pestycydów są: (1) substancje zwane feromonami zwiększające atrakcyjność seksualną w populacjach owadów, które mogą być używane po to, aby pobudzić pewne ich populacje, dezorientować i skłaniać do składania jaj w niekorzystnym okresie

roku (w ten sposób kontroluje się wielkość ich populacji); (2) detergenty używane jako środki czyszczące w gospodarstwach domowych; (3) a także sól kuchenna (chlorek sodowy) używana do niszczenia chwastów w wilgotnych regionach świata (stosowana już w 146 r. p.n.e. przez wojska rzymskie).

Środki ochrony roślin ogólnie można podzielić na:

- związki chloroorganiczne (węglowodory chlorowane, np. DDT, lindan, metoksychlor, dikofal);
- związki fosforoorganiczne (organofosfaty);
- związki karbaminianowe, czyli estry kwasu karbaminowego,
- związki nieorganiczne (np. związki arsenu, miedzi, rtęci, kadmu i innych metali ciężkich);
- związki bakteriologiczne (mikroorganizmy lub wytwarzane przez nie toksyny);
- związki botaniczne (wyciągi uzyskiwane z roślin).

Obecnie powszechnie uważa się za niezbędne rozwijanie nowych koncepcji stosowania pestycydów, które łączyłyby chemiczne i biologiczne sposoby zwalczania szkodników. Koncepcje te opierają się na gruntownej wiedzy o samych szkodnikach, ich środowisku i ich naturalnych wrogach bezwzględnie chronionych. Przejawem tego są próby wykorzystania walki biologicznej, jak np. chorób szkodników, sterylizacji osobników męskich, sztucznej hodowli naturalnych wrogów, wybór odpowiedniego okresu siewu, odchwaszczania i zbiorów, lokalizacje pól, zmiany upraw, hodowli nowych odmian bardziej odpornych na choroby i szkodniki.

Klasyfikacja pestycydów

Z uwagi na różnorodność pestycydów istnieją różne ich klasyfikacje. Podział według sposobu działania wyróżnia: **insektycydy** (owadobójcze), **herbicydy** (chwaśtoobójcze), **fungicydy** (grzybobójcze), **moluskocydy** (nicienioobójcze), **akaracydy** (roztoczobójcze), **bakteriocydy** (bakteriobójcze), **rodentycydy** (gryzoniobójcze), **defolianty** (substancje usuwające liście), **desikanty** (substancje powodujące usychanie szczytów roślin), **atrakanty** (substancje o działaniu nęcącym owady, gryzono i inne szkodniki), **repelenty** (substancje odstrasżające szkodniki).

Podział pestycydów według sposobu wnikania do organizmu wyróżnia: **pestycydy kontaktowe**, wnikające wprost do organizmu i niszczące go bezpośrednio; **pestycydy systemowe**, wnikające do organizmu podkładowego a z niego do niszczonego, np. trafiają do niego poprzez roślinę stanowiącą pokarm.

Preparaty pestycydowe składają się zwykle z jednego lub więcej związków chemicznych, biologicznie aktywnych w mieszaninie z substancjami pomocniczymi i nieaktywnym nośnikiem. Mogą je stanowić preparaty w postaci: **stałej**: sproszkowanej, granulowanej, z których sporządza się zawiesiny lub emulsje; **gazowej**, w formie aerozoli; **ciekłej** – gotowe roztwory wodne.

Zachowanie się pestycydów w środowisku

Pestycydy dostają się do gleby z zaprawami nasion, w czasie opylania lub opryskiwania roślin. Z gleby, w zależności od właściwości fizyko-chemicznych i sposobu

stosowania oraz miejscowych warunków wraz z innymi związkami, mogą być wypłukiwane ze strefy korzeniowej w głąb profilu glebowego lub do wód powierzchniowych. W glebie mogą się utrzymywać od kilku tygodni do kilkunastu lat (np. DDT) – w zależności od ilości koloidów glebowych, aktywności drobnoustrojów i innych właściwości gleby, a także od rodzaju samego pestycydu. Znaczna część tych związków odznacza się dużą perystencyjnością powodującą długotrwałe zaleganie w środowisku. Szczególnie groźne są insektycydy chloroorganiczne, bardzo odporne na biodegradację i rozkład pod wpływem czynników fizycznych i chemicznych. Obecnie szeroko stosuje się insektycydy fosforoorganiczne i karbaminianowe, które charakteryzują się wysoką toksycznością, lecz szybszym zanikaniem w warunkach naturalnych.

Trwałość i ruchliwość pestycydów w glebie są cechami decydującymi o zagrożeniu z ich strony. **Trwałość** pestycydu wiąże się z możliwością jego degradacji drogą chemiczną lub biologiczną. Najważniejsza jest **naturalna biodegradacja**, kiedy pestycyd może stawać się przedmiotem metabolizmu mikroorganizmów i ulegać szybkiemu rozkładowi. **Ruchliwość** pestycydów jest cechą wpływającą na zagrożenie skażenia wód gruntowych. Czynniki wpływającymi na ruchliwość są: gęstość gleby, jej uwilgotnienie, zawartość próchnicy, natężenie nawodnień i opadów atmosferycznych, jak też stopień wiązania pestycydu przez glebową substancję organiczną i glebowy mineralny kompleks sorpcyjny (Kowalik, 2002). **Mechanizm rozkładu** pestycydów jest podstawową cechą decydującą o ich stosowaniu. Związany jest on z mikroorganizmami, które doprowadzają do ich degradacji i detoksykacji. Równocześnie może zachodzić także rozkład chemiczny i fotochemiczny (pod wpływem światła słonecznego). Jednak z substancji (produktów) rozkładu w drodze metabolicznej mogą powstawać produkty bardziej toksyczne od wyjściowych, wywierające bardziej niekorzystny wpływ na florę i faunę gleby.

Nawozy mineralne

Definicja nawozów mineralnych i procesów nawożenia według Gorlacha i Mazura (2002) brzmi: *Nawozami mineralnymi nazywamy substancje zawierające składniki pokarmowe niezbędne do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin. Nawożenie natomiast jest zabiegiem agrotechnicznym polegającym na stosowaniu nawozów z użyciem różnych technik i sposobów wprowadzania nawozów do gleby lub na powierzchnię łanu uprawianych roślin.* **Nawozy mineralne** to zwykle rozpuszczalne w wodzie związki, które w roztworze wodnym przyjmują postać jonów. **Nawozy sztuczne** (mineralne) są to związki chemiczne, które zawierają głównie składniki pokarmowe potrzebne roślinom.

Nawozy mineralne są niezbędne dla zwiększania produkcji żywności, lecz stosowanie ich w nadmiernej ilości lub niezgodne ze znajomością podstawowych zasad może stanowić duże zagrożenie dla środowiska przyrodniczego. Są to środki, które oddziałują na fizyczne, chemiczne i mineralne właściwości gleby, a poprzez glebę na inne elementy środowiska. *Do skutków obciążenia środowiska glebowego przez nawożenie należy zaliczyć: udział w zakwaszeniu gleby, naruszenie równowagi jo-*

nowej, zasolenie oraz wprowadzanie lub możliwość powstawania szkodliwych substancji organicznych i nieorganicznych towarzyszących nawozom. (...) szczególnie niebezpieczne jest zanieczyszczenie gleb metalami ciężkimi (Gorlach i Mazur, 2002). Do gleby wraz nawozami mogą być wprowadzane również pierwiastki promieniotwórcze, np. uran występujący jako składnik uboczny w fosforytach pochodzenia biologicznego, a z nawozami organicznymi (osadami ściekowymi, kompostami z odpadów przemysłowych lub komunalnych) wprowadza się do gleby toksyczne substancje organiczne (np. WWA).

Podziału nawozów dokonuje się według ich pochodzenia, składu chemicznego oraz cech fizycznych. Nawozy o wspólnych cechach jakościowych wynikających z ich pochodzenia dzieli się na: **nawozy organiczne**, zawierające odpowiednią ilość substancji organicznej i wszystkie niezbędne dla roślin makro- i mikroelementy, przeważnie w związkach organicznych, które uwalniane są w wyniku procesów mineralizacji; **nawozy mineralne**, są to związki chemiczne zawierające jeden lub więcej składników pokarmowych oraz domieszki soli ubocznych, często nie mających znaczenia nawozowego; **nawozy wapniowe i wapniowo-magnezowe**, stosowane są do regulacji odczynu gleby, wzbogacając ją w wapń lub wapń i magnez; **nawozy niekonwencjonalne**, są to surowe lub przetworzone odpady przemysłowe i komunalne, które w zależności od zawartości substancji organicznej są w działaniu nawozowym zbliżone do nawozów organicznych lub mineralnych.

4.6. Oddziaływanie rolnictwa na środowisko

Wszelkie poczynania związane z intensyfikacją rolnictwa powinny opierać się na analizie skutków biologicznych tych działań. Dużą ekologiczną produkcję rolną można osiągnąć tylko wtedy, gdy ekosystem będzie miał zapewnione wszystkie elementy przyczyniające się do podnoszenia zapasu żywej i martwej materii.

Pestycydy stopniowo rozprzestrzenione zostały w całej biosferze – można je wykryć nawet na obszarach bardzo oddalonych od miejsca zastosowania: znaleziono je w ciałach zwierząt w Antarktyce (pingwiny i ich jaja, ptaki morskie i ryby), gdzie nie uprawia się ziemi, nie ma owadów i nie stosuje się chemikaliów. Przechodzą one przez kolejne ogniwa łańcucha pokarmowego, powodując, że toksyczne skutki koncentracji najbardziej uwidaczniają się w końcowym jego ogniwie, jakim jest człowiek.

Na obecnym etapie wiedzy prawie nic nie wiemy o równoczesnym oddziaływaniu pestycydów, narkotyków czy wielorakich dodatków pokarmowych, takich jak: środki barwiące, konserwujące, smakowe itp. Niewłaściwe obchodzenie się z pestycydami, które są silnymi truciznami, często prowadzi do zatruć i śmiertelnych przypadków. Przykładem jest wycofany obecnie z użycia DDT, który ze względu na bardzo powolny rozkład może uzyskiwać stężenie w tkance ludzkiej rzędu 6 ppm, uszkadzając z czasem system nerwowy i wątrobę. Do innych pestycydów należy metoksychlor, lindan, aldrin, atrazyna.

Trudno zaprzeczyć doraźnym sukcesom osiągniętym w zwalczaniu szkodników dzięki tej ogromnej ilości środków chemicznych. Jednakże ich długofalowy pozy-

tywny skutek zarówno w odniesieniu do szkodników, jak i do ogólnych aspektów ekologicznych, w tym i zdrowia człowieka jest bardzo wątpliwy, chociażby z dwóch powodów: (1) wzrostu koncentracji odkładanych pestycydów w organizmach żywych; (2) szybkiego powstawania nowych odmian szkodników odpornych na działanie pestycydów. Długotrwałe i powszechne stosowanie pestycydów spowodowało, że w drodze naturalnej selekcji powstały i rozpowszechniły się nowe odmiany gatunków roślin i zwierząt, których wytepienie sprawia obecnie duże kłopoty. Niektóre szkodniki wytworzyły odmianę odporną już w trzecim zastosowaniu pestycydu.

Ujemne skutki nawożenia

Jedną z ujemnych stron stosowania nawozów mineralnych jest wypłukiwanie ich z pól do rzek i strumieni, co prowadzi do użyźnienia (eutrofizacji) tych zbiorników, a zatem do bujnego rozwoju roślinności wodnej. Dotyczy to szczególnie nawozów azotowych i fosforowych. Eutrofizacja wód stanowi duże zagrożenie dla środowiska, gdyż prowadzi do zatruwania i w konsekwencji do zamierania życia w wodzie. Wodne organizmy (ryby) są wrażliwe na obecność amoniaku (NH_3) i metali ciężkich w wodzie. Takie pierwiastki, jak: Hg, Cd, Cr, Pb, Cu, Zn, Ni, Mg i Cs są kumulowane w tkankach organizmów wodnych w znacznym stosunku do ich naturalnego stężenia.

Złe, nadmierne i ciągle zwiększające się stosowanie nawozów mineralnych powoduje wiele ujemnych następstw w produktach rolnych, np. poprzez nadmierną kumulację azotanów i azotynów w częściach jadalnych roślin, zwłaszcza w warzywach. W czasie przechowywania warzyw w chłodniach i zamrażalnicach z azotanów powstawać mogą bardziej toksyczne dla naszego organizmu azotyny. Nawozy azotowe zmieniają ilościowy skład białek roślinnych, przy czym zwiększone dawki nawozów azotowych powodują wzrost zawartości białek w roślinach. Zwiększa się w nich także frakcja rozpuszczalnych związków azotowych, m.in. wolnych aminokwasów i amin.

Nadmierna koncentracja w produktach azotanów i azotynów może prowadzić do methemoglobinemii, zwłaszcza u niemowląt. Azotyny mogą reagować w żołądku z aminami i amidami, w wyniku czego powstają rakotwórcze nitrozoaminy.

Przy silnym niedoborze lub nadmiarze składników mineralnych prowadzących do przekroczenia granicy tolerancji w organizmach zwierzęcych mogą występować wyraźne objawy zmian patologicznych, które mogą doprowadzić nawet do śmierci. Przy nieznacznych niedoborach tych składników zmiany w organizmach są niewielkie i przemijające, trudne do rozpoznania, wyrażające się często jedynie przyhamowaniem rozwoju organizmu, zwolnionym wzrostem i osłabieniem produktywności. Objawy te dotyczą także ludzi.

Nawozem organiczno-mineralnym stwarzającym często duże zagrożenie dla środowiska jest gnojowica, będąca nawozem potasowo-azotowym o małej zawartości fosforu i wapnia. Złe zagospodarowana, staje się z punktu widzenia ochrony środowiska, dużym problemem. Odprowadzana z ferm w nadmiernych ilościach do gleby czy cieków wodnych powoduje zatrucie, które może doprowadzić do degra-

dacji wód gruntowych. Wylewana na użytki zielone powoduje poważne zagrożenie sanitarne dla zwierząt, a pośrednio też dla człowieka. Gnojowica, zwłaszcza nie sfermentowana, odprowadzana na pastwiska jest nośnikiem czynników patogennych, takich jak: bakterie gruźlicy, brucelozy, różycy czy wirusy pryszczycy i innych chorób. W glebach, na które wylewa się nadmierne ilości tego nawozu, wzrasta ponad przyjęte normy zawartość niektórych składników nawozowych, w szczególności azotu azotanowego, magnezu i manganu (podobny wzrost obserwuje się także w wodach gruntowych).

Kolejne zagrożenie to zanieczyszczenie gleby pierwiastkami śladowymi oraz metalami ciężkimi. **Pierwiastki śladowe** (mikroelementy) to pierwiastki występujące w skorupie ziemskiej, a także w środowisku biologicznym, w małych ilościach, tj. poniżej 0,1% suchej masy. Są wprowadzane do gleby wraz z nawozami mineralnymi (fosforowe, wapienne), chemicznymi środkami ochrony roślin, ze ściekami komunalnymi i odpadami przemysłowymi wykorzystywanymi przez rolnictwo, a także z gnojowicą i obornikiem. Pierwiastki śladowe można podzielić na cztery grupy:

1. Pierwiastki o bardzo wysokim stopniu potencjalnego zagrożenia dla środowiska, do których należą m.in.: Cd, Hg, Pb, Cu, Cr, Ag, Zn, Au, Sb, Sn, Tl.
2. Pierwiastki o wysokim stopniu potencjalnego zagrożenia dla środowiska: Mo, Mn, Fe, Se, Ba, Bi, P, Ca i in.
3. Pierwiastki o średnim stopniu potencjalnego zagrożenia dla środowiska: Be, V, Ni, Co, W, Al, As, Li, Rb, i in.
4. Pierwiastki o niskim stopniu potencjalnego zagrożenia dla środowiska: Sr, Zr, Ta, La, Nb i in.

Metale ciężkie to pojęcie węższe, obejmujące część mikroelementów. Należą do najcięższych zanieczyszczeń środowiska naturalnego. Toksyczność metali ciężkich wynika ze stopnia skażenia przez nie środowiska i przede wszystkim z ich biochemicznej roli, jaką spełniają w procesach metabolicznych oraz ze stopnia ich wchłaniania i wydalania przez organizmy żywe. Na bioprzyswajalność metali ciężkich przez rośliny (pierwsze ogniwo w łańcuchu troficznym) wpływa wiele czynników, np.: poziom zawartości i rozpuszczalności metali ciężkich w glebie oraz gatunek rośliny. Rozpuszczalność i ruchliwość metali ciężkich w glebie, a tym samym bioprzyswajalność zmniejsza się wraz ze wzrostem zawartości próchnicy, minerałów ilastych, tlenków glinu, żelaza i manganu, a także pojemności sorpcyjnej, i jest większa w glebach o odczynie kwaśnym niż w warunkach odczynu obojętnego (Gorlach i Mazur, 2002).

Pod względem zagrożeń dla produkcji rolnej metale ciężkie można podzielić na: **najbardziej niebezpieczne** (Pb, Cd); **niebezpieczne** (Hg, As); **toksyczne** (Sn, Cu, Ni, Cr, Zn i pozostałe).

Wymywanie metali ciężkich w głąb profilu glebowego zależy m.in. od takich czynników, jak skład granulometryczny gleb, wielkość opadów atmosferycznych, stopień pokrycia szatą roślinną i wielkość nawożenia.

Do niedawna uważano, że nawożenie wpływa niekorzystnie tylko na glebę i wody gruntowe. Badania wykazały, że jest ono także przyczyną zanieczyszczenia atmosfery, bowiem z nawozów pochodzą także zanieczyszczenia gazowe: CO_2 , NO_x , CH_4 , oraz NH_3 . **Dwutlenek węgla** powstaje w wyniku tlenowego rozkładu substancji organicznej w przyzmacz obornika i w kompostowniach. **Metan** ulatnia się do atmosfery w wyniku rozkładu w warunkach beztlenowych substancji organicznej na polach ryżowych, w oborniku oraz ze zbiorników gnojowicowych, wysypisk śmieci i ścieków bytowo-gospodarczych. **Tlenki azotu** powstają w procesach nityfikacji i denityfikacji stając się przyczyną niszczenia strefy ozonowej. Natomiast **amoniak** wraca szybko z opadami atmosferycznymi, powodując zakwaszenie gleb i zanieczyszczenie wód.

Oprócz rolnictwa do podstawowych grup źródeł zanieczyszczenia gleb pierwiastkami śladowymi i metalami ciężkimi zalicza się: komunikację samochodową, przemysł i działalność wojskową.

Wpływ mechanizacji rolnictwa

Mechanizacja rolnictwa wpływa niekorzystnie na krajobraz, ekosystemy i biocenozy oraz na strukturę gleb. Powoduje przeobrażenia w rzeźbie i ukształtowaniu terenu. Zmusza do tworzenia dużych obszarów uprawnych, likwidacji przeszkód, jakimi są zadrzewienia śródpolne, małe zbiorniki wodne, nierówności terenu i inne – utrudniające pracę maszyn. Ukształtowanie terenu na potrzeby rolnictwa czyli duże, pozbawione zadrzewień pola, sprzyja erozji wietrznej i wodnej.

Oddziaływanie maszyn na glebę (zwłaszcza ciężkich ciągników wytwarzających wielkie ciśnienie w warstwie roboczej gleby), prowadzi do zmian właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleby. Ciśnienie wywierane na glebę przez koła powoduje zmniejszenie się wolnych przestrzeni pomiędzy ziarnami gleby. Następuje przede wszystkim zniszczenie większych porów i kapilarów, zmniejsza się porowatość gleby. Woda staje się trudniej dostępna dla roślin, gdyż znajdując się tylko w małych kapilarach, jest silniej przez nie przytrzymywana. W związku z tym zmniejsza się również dyfuzja gazów z powietrza do gleby, a tym samym i do korzeni roślin. Oddychanie korzeni powoduje zużycie tlenu w glebie (jego stężenie spada często poniżej 1%) i gromadzenie się dwutlenku węgla, który zakwasza wodę glebową. Zwiększa się w tych warunkach wydzielanie etylenu, co podobnie jak brak tlenu hamuje wzrost korzeni. Zmiana warunków powietrzno-wodnych gleby prowadzi do zmian w ekosystemie, gdyż uprzywilejowane stają się gatunki odporne na niedostatek wody i tlenu.

Maszyny rolnicze są czynnikiem przenoszącym rolnicze choroby, szkodniki i nasiona chwastów na odległość nawet kilkudziesięciu kilometrów. Są także źródłem hałasu i wibracji ujemnie oddziałujących na ludzi obsługujących te maszyny oraz na zwierzęta śródpolne. Kombajnowy zbiór zbóż powoduje pozostawianie na polu ziaren chwastu, w wyniku czego ilość chwastów wschodzących na polu jest 5-krotnie większa niż po zbiorze innymi metodami. Ponadto technika zbioru zbóż metodą objeżdżania pola przez maszynę ma często tragiczny finał dla zwierząt żyjących w tym środowisku (Karaczun, Indeka, 1999).

Wpływ nawadniania pól

Do zabiegów melioracyjnych, których celem jest polepszenie zdolności produkcyjnej gleby poprzez regulację stosunków wodnych, zaliczamy nawadnianie pól. Nawadnianie zwiększa wielkość plonów, lecz również tworzy poważne problemy ekologiczne i środowiskowe. Zabieg ten powoduje zasolenie i alkalizację gleb, zmętnienie wody, zwiększenie w niej ilości nicieni, bakterii i wirusów, zanieczyszczenie jej pestycydami i składnikami odżywczymi. Ponadto dochodzi do zmiany jej koloru, smaku i temperatury oraz wyczerpywania zasobów wód podziemnych, wykorzystywanych do zasilania systemów nawadniających, bez uwzględnienia możliwości odnawiania tychże zasobów. Innym niekorzystnym czynnikiem procesu melioracji jest zubożenie rodzimej roślinności niepotrzebującej takich dużych ilości wody (Karaczun, Indeka, 1999).

(...) Zniszczony twór ręki ludzkiej można – zasadniczo biorąc – zawsze odtworzyć, zaginiony twór przyrody nigdy, ginie on na zawsze.

Pawlikowski Jerzy (1926, 1932)

Rozdział 5

SUROWCE MINERALNE

5.1. Charakterystyka skorupy ziemskiej

Litosfera obejmuje skorupę ziemską i górną część płaszczu Ziemi.

Płaszcz Ziemi (mezosfera) jest sferą we wnętrzu Ziemi między dolną granicą skorupy ziemskiej (powierzchnia Mohorovičića), występującą na głębokości około 33 km i górną powierzchnią jądra Ziemi, występującą na głębokości około 2900 km. W płaszczu Ziemi rozchodzą się zarówno podłużne, jak i poprzeczne fale sejsmiczne. Nasuwa to stwierdzenie, że płaszcz Ziemi przy krótkotrwałych odkształceniach sprężystych zachowuje się, jak ciało sztywne. Jednak pod wpływem sił działających w skali wiekowej ma właściwości plastyczne. W płaszczu Ziemi mogą występować prądy konwekcyjne.

Skorupa ziemska jest zewnętrzną powłoką kuli ziemskiej, niejednorodną, stonkowo chłodną i sztywną. Rozciąga się w głąb do powierzchni Mohorovičića, poniżej której leży płaszcz Ziemi. Grubość skorupy ziemskiej na kontynentach wynosi około 30–40 km, a pod oceanami około 10–12 km. Pod wysokimi masywami górskimi grubość jej znacznie wzrasta (maksymalnie do 70 km) – w badaniach przyjmuje się, że średnia grubość skorupy ziemskiej równa jest 33 km.

Litosfera składa się z niejednorodnych warstw minerałów, o różnej miąższości pokładów. Miąższość litosfery oceniana jest na $5 \div 70$ km, choć spotyka się ocenę grubości skorupy ziemskiej na około $80 \div 150$ km (Skrzypski, 2002). Gęstość masy Ziemi wynosi około $5,52 \text{ g/cm}^3$, natomiast gęstość skał występujących na powierzchni wynosi około $2,7 \text{ g/cm}^3$. Ziemia ma niejednorodną budowę. Minerale litosfery, wchodzące w skład kontynentów, charakteryzują się mniejszą gęstością od skał zalegających w jej wnętrzu. Skały kontynentalne zbudowane są głównie z krzemionki i glinokrzemianów, które to minerale stanowią podstawę nazwy **sial (Si-Al)**. Podłoże oceanów budują skały o większej gęstości (skały cięższe), bogate w krzemiany magnezu – stąd nazwa skał **sima (Si-Mg)**. Sima rozciąga się także pod podłoże kontynentalne, tworząc ciągłą warstwę skorupy ziemskiej. Wynika stąd, że grubość litosfery stanowiącej kontynenty jest również większa od jej grubości pod oceanami.

W zależności od pochodzenia (genezy) lub sposobu powstawania skały dzieli się na:

- **Skały magmowe** (Tabela 12.): są produktem krzepnięcia ognisto-ciekłej magmy przesyconej gazami w sialu (skały głębinowe) lub lawy na powierzchni Ziemi (skały wylewne). Składają się głównie z krzemianów i glinokrzemianów przesyconych parą wodną i innymi gazami. Skały te stanowią około 95%

litosfery. W zależności od zawartości SiO_2 dzielą się na kwaśne, obojętne, zasadowe i ultrazasadowe. Skały magmowe **głębinowe** powstały w wyniku zakrzepnięcia magmy wewnątrz skorupy ziemskiej. Mają ziarnistą strukturę i charakteryzują się wykrystalizowanymi w pełni minerałami. Należą do nich: dioryty, gabro, granity, sjenity, pirokseny i wiele innych. Skały magmowe **wylewne** utworzone zostały w wyniku ostudzenia i zakrzepnięcia lawy wydobywającej się na powierzchnię litosfery. Skały te mają strukturę szklistą, czyli tworzącą bezpostaciową i niekrystaliczną masę skalną, porfirową – zawierającą większe kryształy w drobnoziarnistej, zbitej lub szklistej masie skalnej – lub strukturę ziarnistą. Skały wylewne tworzą: bazalty, andezyty, porfiry, diabazy i wiele innych.

- **Skały osadowe** (Tabela 13.): są produktem wietrzenia, rozpuszczania, ługowania, wytrącania, rozdrabniania itp. procesów mechanicznych, fizycznych, chemicznych i biologicznych, jakim podlegają różne substancje mineralne, w tym szczątki organiczne zwierzęce i roślinne. Powstały w wyniku osadzania i gromadzenia się cząstek mineralnych i organicznych na powierzchni litosfery, w wodach oraz w osadach rzecznych, jeziornych, morskich czy oceanicznych. Skały te stanowią także osady rozpuszczonych i następnie wytrąconych w wodzie związków chemicznych. Skały osadowe pochodzenia chemicznego powstały w procesie rozpuszczenia związków chemicznych jednego typu, w wyniku zachodzących reakcji chemicznych powstały i wytrąciły się z roztworu inne związki krystalizujące i osadzające się jako osad denny. Do skał tego typu należą sole kamienne i potasowe, anhydryty, gipsy, tufy i wiele innych. Wyróżnia się: (1) **skały osadowe okruchowe** (klastycz-

Tabela 12. Zestawienie głównych rodzajów skał magmowych (Majcherczyk, 2000)

Grupa skał	kwaśne ←		zasadowe →	
Skały głębinowe	granit	sjenit	dioryt	gabro
Skały wylewne	trachit kwarcowy, porfir kwarcowy	trachit bezkwarcowy, porfir bezkwarcowy	andezyt, porfiry	bazalt, melafir
Skały żyłowe	aplit, pegmatyt	porfir sjenitowy	porfiry diorytowe	porfiry gabrowy, diabaz, lamprofir

Tabela 13. Główne skały osadowe (Majcherczyk, 2000)

Rodzaj skał według uziarnienia	Skały luźne	Skały związane
Głaziki i żwiry	okruchy kanciaste, rumosz	druzgot
	okruchy obtoczone, żwir, otoczaki	zlepieniec
Piaski	piasek	piaskowiec, kwarcyt
Muły	muł, less	mułowiec
Iły	ił	iłowiec, łupek ilasty

ne), które powstały w wyniku naturalnego rozdrobnienia i wtórnego spojenia lepiszczem okruchów skalnych. Dzieli się je na skały luźne (otoczaki, żwiry, piaski, mułki i pyły), zwięzłe (psefity, psamity i pelity), ilaste luźne (iły, gliny), ilaste zwięzłe (łupki, margle ilaste); (2) **skały osadowe pochodzenia organicznego**, które powstały na dnie mórz i oceanów ze skorupki wapiennych oraz krzemionkowych szkieletów organizmów zwierzęcych i roślinnych. Do tego typu skał należą m.in. luźne muły wapienne i krzemionkowe, zwięzłe wapienie, krzemienie, dolomity, margle, kreda, rogowce, fosforyty.

- **Skały metamorficzne:** są produktem przeobrażenia skał magmowych i osadowych pod wpływem różnych czynników środowiska: ciśnienia, temperatury, wiatru, deformacji mechanicznych (tektonicznych), działania różnych

Tabela 14. Skład chemiczny i zawartość pierwiastków w dostępnej części skorupy ziemskiej (Bolewski, 1984; za Taylor, 1964)

Lp.	Pierwiastek	Zawartość [ppm]	Lp.	Pierwiastek	Zawartość [ppm]	Lp.	Pierwiastek	Zawartość [ppm]
1.	H		31.	Ga	15	61.	Pm	
2.	He		32.	Ge	1,05	62.	Sm	6
3.	Li	20	33.	As	1,8	63.	Eu	1,2
4.	Be	2,8	34.	Se	0,05	64.	Gd	5,4
5.	B	10	35.	Br	2,5	65.	Tb	0,9
6.	C	200	36.	Kr		66.	Dy	3,0
7.	N	20	37.	Rb	90	67.	Ho	1,2
8.	O	464000	38.	Sr	375	68.	Er	2,8
9.	F	625	39.	Y	33	69.	Tm	0,48
10.	Ne		40.	Zr	165	70.	Yb	3
11.	Na	23600	41.	Nb	20	71.	Lu	0,5
12.	Mg	23300	42.	Mo	1,5	72.	Hf	3
13.	Al	82300	43.	Tc		73.	Ta	2
14.	Si	281500	44.	Ru		74.	W	1,5
15.	P	1050	45.	Rh	0,01	75.	Re	0,01
16.	S	260	46.	Pd	0,1	76.	Os	0,05
17.	Cl	130	47.	Ag	0,04	77.	Ir	0,01
18.	Ar		48.	Cd	0,2	78.	Pt	0,05
19.	K	20990	49.	In	0,1	79.	Au	0,004
20.	Ca	41500	50.	Sn	2	80.	Hg	0,08
21.	Sc	22	51.	Sb	0,2	81.	Tl	0,45
22.	Ti	5700	52.	Te		82.	Pb	12,5
23.	V	135	53.	J	0,5	83.	Bi	0,17
24.	Cr	100	54.	Xe		84.	Po	$2 \cdot 10^{-14}$
25.	Mn	950	55.	Cs	3	85.	At	
26.	Fe	56300	56.	Ba	425	86.	Ru	$7 \cdot 10^{-14}$
27.	Co	25	57.	La	30	87.	Fr	
28.	Ni	75	58.	Ce	60	88.	Ra	$1 \cdot 10^{-16}$
29.	Cu	55	59.	Pr	8,2	89.	Ac (o)	$6 \cdot 10^{-10}$
30.	Zn	70	60.	Nd	28	90.	Th 9,6	
						91.	Pa	$1 \cdot 10^{-10}$
						92.	U	2,7

roztworów. Obejmują one kwarcyty, gnejsy, marmury, granulity, amfibolity, serpentynity i inne.

Skały wulkaniczne i metamorficzne pokrywają około $\frac{1}{4}$ powierzchni lądowej, zaś skały osadowe około $\frac{3}{4}$ tej powierzchni. Wszystkie wymienione skały posiadają cechy charakterystyczne, takie jak: **struktura**, czyli ich budowa określająca odmianę (bezpostaciową lub krystaliczną), wymiary, kształt i wzajemny układ oraz powiązanie ziaren i cząstek tworzących szkielec skały; **tekstura** charakteryzująca przestrzenne rozmieszczenie i ułożenie ziaren oraz stopień wypełnienia przez składniki skał przestrzeni w masie skalnej.

5.2. Pierwiastki skorupy ziemskiej

Źródłem surowców mineralnych jest litosfera, hydrosfera i atmosfera. Pierwiastki chemiczne tworzące skorupę ziemską stanowią *przyrodnicze bogactwo mineralne, które mimo ustawicznej działalności wulkanicznej i tektonicznej nie ulega większym zmianom* (Bolewski, 1982). Skład chemiczny i zawartość pierwiastków w dostępnej części skorupy ziemskiej ilustruje Tabela 14.

Udział pierwiastków rodzimych w budowie zewnętrznej strefy Ziemi nie przekracza 0,1% wag., licząc łącznie ze składnikami atmosfery. Ze stałych pierwiastków najobficiej występuje: C (grafit i diament), S, Au, Pt łącznie z platynowcami, Cu i metale kuche (As, Sb, Bi).

Rodzime pierwiastki chemiczne i ich chemiczne połączenia wykazujące prawidłową budowę wewnętrzną nazywa się **minerałami**. Istnieje wiele definicji minerału, najczęściej spotykana określa minerał, jako substancję stałą, nieorganiczną, pochodzenia naturalnego, o określonym lub zmiennym – w ustalonych z góry granicach – składzie chemicznym i uporządkowanej wewnętrznej strukturze sieciowej.

Pojęcie „minerał” nie obejmuje substancji syntetycznych, gdyż nie są pochodzenia naturalnego, oraz cieczy naturalnych, jak rtęć i składniki ropy naftowej, gazów, ciał stałych, których skład chemiczny nie jest stały lub nie zmienia się w określonych granicach. Pojęcie to nie obejmuje również substancji pochodzenia organicznego, takich jak np. CaCO_3 wytworzony przez istoty żywe (muszle mięczaków, szkielec koralu itp.). Pozostałe skały litosfery nazywa się więc **substancjami mineralnymi** (mineraloidami).

Minerał jest to rodzima faza krystaliczna, stanowiąca elementarny składnik skorupy ziemskiej (Bolewski, 1993). Jego cechą jest to, że daje się wyróżnić spośród innych substancji mineralnych metodami fizycznymi, mechanicznymi, optycznymi i innymi. Jeśli ta sama substancja chemiczna wykazuje więcej niż jedną strukturę wewnętrzną, to każda z nich odpowiada innemu rodzajowi minerału (np. węgiel tworzy diament i grafit).

Materia w stanie stałym dzieli się na dwie grupy:

- **materia bezpostaciowa** (amorficzna) charakteryzująca się brakiem uporządkowanej struktury wewnętrznej. Jej budowa podobna jest do budowy cieczy (np. szkliwo wulkaniczne).

- **materia krystaliczna:** cząsteczki, które ją tworzą, ułożone są według pewnego wewnętrznego porządku i zajmują stałe pozycje. Gdy warunki powstawania są sprzyjające postać zewnętrzna jest odbiciem tego uporządkowania – materia przybiera kształt geometryczny i powstaje kryształ.

Kryształ jest szczególną odmianą minerału (np. kryształ górski, ametyst) odznaczającą się i charakteryzującą czystością i barwą.

Minerały powstają w wyniku krystalizacji ze stopów magmowych, roztworów, gazów, a także wskutek reakcji chemicznych między składnikami tych mediów, w których skład wchodzi wiele pierwiastków. Pierwiastki rozproszone w innych minerałach, słabiej rozpowszechnione, uzyskiwane są poprzez przeróbkę kopalni pierwiastków pospolitych.

Macierzyste środowisko powstawania minerałów zazwyczaj zawiera wiele ich odmian, gromad (klas), które w razie potrzeby są dzielone na jednostki systematyczne niższego rzędu. Tworzą one tzw. **układ złożony**.

Skupiska większych ilości jednego minerału tworzą się w ograniczonym zakresie. Najpowszechniejsze są **utwory wielomineralne – skały**.

Skala jest to naturalny zespół minerałów (lub mineraloidów), wchodzących w skład skorupy ziemskiej, powstały wskutek określonego procesu geologicznego (Bolewski, 1975) (np. krzepnięcie magmy wewnątrz skorupy ziemskiej, krystalizacja wody morskiej i nagromadzenie się piasku lub żwiru w korytach rzek).

Niewiele minerałów jest odpornych na działanie czynników atmosferycznych, hydrologicznych i tektonicznych (najbardziej odporne są diament, kasyteryt i kwarc). Minerały i skały są produktami ciągłych procesów geologicznych, zaburzonych lub zmienionych nowymi warunkami. Skały wykazują zmienność w przestrzeni, a przypisywana im jednostajność jest pozorna.

Minerały są trwałe tylko w swoistych dla nich zakresach temperatury i ciśnienia oraz w środowiskach o określonym chemizmie. Przekroczenie tych granic powoduje ich zniszczenie. Uruchomione w ten sposób pierwiastki przechodzą do fazy gazowej, ciekłej (roztwory i koloidy), stałej (stopy) i innych form krystalicznych (minerałów). Pierwiastki te są także okresowo zatrzymywane, w różnych formach przez organizmy żywe, sorpcję substancji mineralnych i organicznych, cząstki gleby. Procesy te nazywa się **wietrzeniem** skał macierzystych.

Procesy krystalizacji i istnienie minerałów oraz inne metody wyłączające określone pierwiastki z obiegu biogeochemicznego stanowią jego **przerywniki w cyklu biogeochemicznym**, które wskazują na osiągnięcie w danym środowisku ich koncentracji, sprzyjającej powstawaniu nowych form krystalicznych.

Do najbardziej rozpowszechnionych pierwiastków w litosferze należą: O₂, Si, Al, Fe, K, Na, Ca, Mg. Stanowią one około 98% skorupy ziemskiej, w której tworzą najbardziej rozpowszechnione minerały lub stanowią istotne składniki skał. Minerały te określa się nazwą ogólną **minerałów skalotwórczych** (np. skalenie, kwarc, pirokseny, amfibole, miki). Masa minerałów pozostałych pierwiastków stanowi około 2% skorupy ziemskiej, przy czym wiele z nich ma charakter unikatowy.

Wskutek ciągłych procesów magmowych, wietrzeniowych, sedymentacyjnych i innych jednostkowych procesów fizyko-chemicznych i biologicznych następuje ustawiczne krążenie pierwiastków chemicznych pomiędzy litosferą, hydrosferą i atmosferą. Proces badania krążenia (obiegu) pierwiastków w przyrodzie prowadzi do poznania ich **cyklu biogeochemicznego**, czyli wędrówki i miejsc ich lokalizacji oraz sposobu rozmieszczenia. Cykle geochemiczne i ich przerywniki (gdy trwałość pierwiastka zostanie przerwana), jakimi są procesy minerało- i skałotwórcze, wskazują w jakich warunkach może dojść do powstania (lokalizacji) kopaliny.

5.3. Kopaliny podstawowe i pospolite

Każde złożo zawiera określoną ilość i rodzaj kopaliny, która musi odznaczać się odpowiednią jakością. Wyróżnia się więc kopaliny o dużym lub małym znaczeniu użytkowym, jako **kopaliny podstawowe** i **pospolite**. Przepisy ustawy *Prawo geologiczne i górnicze* (Dz.U. z 1994 r., Nr 27, poz. 96) ustalają następujący podział kopaliny (art.5):

- **kopaliny podstawowe** obejmują: gaz ziemny, ropę naftową oraz jej naturalne pochodne, węgiel brunatny, węgiel kamienny i metan z węgla kamiennego, kruszce metali szlachetnych, rudy metali (z wyjątkiem darniowych rud żelaza) i metale w stanie rodzimym łącznie z rudami pierwiastków rzadkich i rozproszonych oraz pierwiastków promieniotwórczych, apatyt, baryt, fluoryt, fosforyt, gips i anhydryt, piryt, siarkę rodzimą, sole potasowe i potasowo-magnezowe, sole strontu, sól kamienną, azbest, bentonit, diatomit, dolomit, gliny białowypalające się i kamionkowe, gliny i łupki ogniotrwałe, grafit, kaolin, kamienie szlachetne i ozdobne, kwarc, kwarcyt, magnezyt, miki, marmury i wapień krystaliczne, piaski formierskie i szklarskie, skalenie, ziemię krzemionkową.
- **kopaliny pospolite**, obejmują te kopaliny, które nie zostały wymienione jako podstawowe.

W drodze wyjątku kopalina pospolita może być zaliczona do kopaliny podstawowej ze względu na jej rodzaj, ilość lub warunki zalegania.

W rozumieniu ustawy kopaliny są także solanki, wody lecznicze i termalne. Pozostałe wody podziemne nie należą do kopaliny.

5.4. Złożo kopaliny

Złożo kopaliny jest to naturalne nagromadzenie minerałów i skał oraz innych substancji stałych, gazowych i ciekłych w skorupie ziemskiej, powstałe w wyniku różnych procesów geologicznych. Ustawa *Prawo geologiczne i górnicze* (1994) zawęża definicję do tych złóż, których wydobywanie może przynieść korzyść gospodarczą. Podobny sposób rozumienia złoża zaproponował Bolewski (1982): *Złożo wyróżnia się na podstawie kryteriów technicznych, głównie górniczych, ekonomicznych i technologicznych, które nie istnieją jako samodzielne elementy geologiczne, stanowią część określonych jednostek strukturalnych*. Złożo charakteryzuje określony zespół cech środowiskowych: geologiczne środowisko występowania, forma i budowa, skład minera-

logiczny i chemiczny, własności fizyczne minerałów i skał tworzących kopalinę oraz skał otaczających złoża. Znajomość tych elementów jest konieczna do prawidłowego zaplanowania prac udostępniających złoża; doboru procesów i technologii odkrywania, urabiania, przeróbki i wykorzystania przemysłowego.

Minerały i skały tworzące złoża, które mogą przynieść lub przynoszą korzyść gospodarczą, nazywa się **kopaliną użyteczną**. O celowości i rentowności eksploatacji górniczej złoża kopaliny decyduje jej rodzaj, ilość i jakość oraz współwystępowanie innych minerałów i skał. Ponadto, aby złoża mogły być gospodarczo wykorzystane, musi odpowiadać warunkom, na które składają się prócz określonej zawartości kopaliny użytecznej: opanowana technologia jej przeróbki, określona głębokość zalegania złoża oraz określona wielkość zasobów. **Skupienia kopaliny użytecznej o masowym zapotrzebowaniu** (np. węgla, rudy żelaza, soli) są traktowane jako złoża przy nagromadzeniu dziesiątków i setek milionów, a nawet miliardów ton. Natomiast **skupienia minerałów pierwiastków rzadszych i cennych** (np. złota, platyny, wolframu) mogą być traktowane jako złoża już przy nagromadzeniu od kilku do kilkunastu ton. Dlatego złoża kopalin poddaje się ocenie (badaniom) pod wymienionym wyżej kątem oraz od strony warunków geograficznych, klimatycznych, komunikacyjnych, gospodarczych, demograficznych, dostępności górniczej (głębokości występowania, obecności gazów), warunków stratygraficznych, litologicznych, geotektonicznych, geotechnicznych, geotermalnych, hydrogeologicznych, gazowych (CH_4 , SO_2 , CO_2 , H_2S itp.), możliwości przeróbki mechanicznej, poziomu dostępnej i nowoczesnej techniki i technologii.

Na podstawie wymienionych badań, ogólnie nazywanych **badaniami geologicznymi**, określa się **parametry złoża**, czyli wielkość, formę, budowę, regularność wykształcenia, zasobność itp.

Złoża występują na różnych głębokościach, począwszy od powierzchni ziemi do głębokości 1 500 i więcej metrów. Część z nich kwalifikuje się do eksploatacji odkrywkowej, część do podziemnej, a część do wiertniczej.

Typy i formy złóż kopalin

Etapom zatrzymywania obiegu pierwiastków w środowisku, z uwzględnieniem sytuacji geologicznej, w jakiej ono następuje odpowiadają typy złóż kopalin. Ustala się je na podstawie różnorodnych kryteriów w zależności od przydatności w danej sytuacji. Mogą to być m.in. kryteria strukturalne, chemiczne (złoża rud żelaza, miedzi, cynku, ołowiu itp.), genetyczne (złoża magmowe, skarnowe, pneumatolityczne, hydrotermalne, wietrzeniowe, osadowe, metamorficzne itp.), morfologiczne (złoża pokładowe, żyłowe, gniazdowe), mineralogiczne (złoża sfalerytu, galeny, chalkopiryty, magnetytu, siarki, arsenopiryty itp.).

W zależności od genezy rozróżnia się złoża:

- **Magmogeniczne**, czyli złoża pochodzenia magmowego, powstałe wyniku krystalizacji magmy i jej resztek ciekłych i gazowych oraz oddziaływania tychże na otoczenie skalne. Wśród nich rozróżnia się złoża magmowe, pomagmowe i wulkanogeniczne.

- **Hipergeniczne:** złoża powstające pod wpływem procesów zachodzących na powierzchni ziemi, głównie w procesach wietrzenia i sedymentacji. Wśród nich rozróżnia się złoża wietrzeniowe i osadowe.
- **Metamorficzne:** złoża, w których koncentracja składnika użytecznego nastąpiła wskutek procesów metamorficznych. Są to złoża z zawartością np. grafitu, andaluzytu, sylimanitu, granatu.

Złoże monomineralne składa się tylko z jednego minerału lub zawiera tylko jeden składnik nadający się do gospodarczego wykorzystania (np. z rud żelaza, fosforytów, siarki).

Złoże polimineralne zawiera kilka nadających się do eksploatacji minerałów.

Złoże polimetaliczne zawiera wiele cennych metali (np. złoża rud ołowiu i cynku, złoża łupków miedzionośnych, w których oprócz miedzi występują takie pierwiastki, jak np. ołów, nikiel, srebro, molibden).

Złoża mogą występować w postaci różnych form:

- **pokładów**, będących formą złoża, przede wszystkim typu osadowego, ograniczoną od skał płonnych w przybliżeniu równoległymi powierzchniami.
- **żył**, czyli szczelin skalnych wypełnionych minerałami (np. kwarcem, kalcytem, wolframem, barytem) osadzonymi przez krążące w skale roztwory mineralne (tzw. żyła mineralna).
- **soczewek, słupów, gniazd** i innych układów przestrzennych wypełnionych minerałami.

Złoża kopalin ciekłych i gazowych

Wyróżniającą cechą kopalin ciekłych i gazowych jest to, że nie tworzą geometrycznie określonych części skorupy ziemskiej, lecz gromadzą się w pustkach skalnych (kawernach, szczelinach, porach), wśród skał, które bywają określane jako skała zbiornikowa (kolektor) lub skała (poziom, horyzont) wodo-, gazo- i roponośna.

Wyróżnia się następujące kopaliny użyteczne: ropa naftowa, gaz ziemny, wody podziemne (pitne, mineralne, przemysłowe itp.) oraz inne kopaliny gazowe (np. CO₂). Złoża ropy naftowej i gazu ziemnego, czy obu tych mediów łącznie, to naturalne ich nagromadzenie w skałach zbiornikowych.

W strefach złożowych istnieją swoiste warunki do współwystępowania jednocześnie trzech mediów, różniących się gęstością i lepkością: gaz ziemny–ropa naftowa–woda (zwykle zmineralizowana). Gaz ziemny gromadzi się w najwyższej położonej części złoża, ropa naftowa – w środkowej, a woda – w dolnej części złoża. Dowiercenie złoża narusza tę naturalną równowagę. Dopuszczenie do niekontrolowanego wypływu tych mediów może powodować poważne straty związane z wytraceniem ciśnienia złożowego lub zbyt szybkiego wtargnięcia wód okalających oraz zanieczyszczenie środowiska powierzchniowego wydobywającym się medium. Złoża ropy i gazu muszą być eksploatowane zgodnie z ich przepływem w skałach litosfery.

Ropa naftowa i gaz ziemny (bituminy) tworzą złoża genetycznie związane z przeobrażeniem substancji organicznych. Składają się głównie z węglowodorów

nasyconych szeregu parafinowego o dużej zmienności składu węglowodorowego. Zmianę struktury składu węglowodorowego obserwuje się zarówno w poziomie horyzontu złożowego, jak i w zależności od głębokości zalegania. Zmiany te mają niejednakowy charakter w różnych kompleksach stratygraficznych. Zawartość poszczególnych składników w różnych złożach zależna jest od wieku układu skalnego, w którym znajduje się złożo.

Kopaliny te mają właściwość samoistnego przemieszczania się w głębi skorupy ziemskiej w kierunku mniejszych ciśnień, czyli ku powierzchni ziemi. Nagromadzenie ich w określonym złożu wymaga istnienia nieprzepuszczalnych warstw ekranujących (np. skały lite), odpowiednio ułożonych, mogących pełnić funkcję kolektora (zbiornika). Odpowiednia struktura geologiczna musi znajdować się na drodze ich migracji. Stąd istotne znaczenie dla poszukiwania tych złóż mają geologiczne badania strukturalne.

Gaz ziemny może tworzyć pola gazowe. Powstaje również przy tworzeniu się węgla koksowych i antracytowych. W kopalniach zagraża bezpieczeństwu górników (kopalnie gazowe, wybuchy gazów i pożary). Bywa eksploatowany w sposób wyprzedzający wybieranie węgla. Gazy ziemne bywają suche, gdy dominującym składnikiem jest metan i mokre, gdy zawierają węglowodory wyższych rzędów. Z nich oddziela się butan, propan i gazolinę. Składnikiem gazów ziemnych bywa hel, który jest uzyskiwany w toku jego eksploatacji.

Inne kopaliny ciekłe i gazowe są rzadko spotykane (np. CO₂, para wodna wzbogacona w bor (soffioni) i inne składniki). Najczęściej towarzyszą obszarom o charakterze wulkanicznym.

5.5. Zasoby surowców mineralnych

Ilość kopaliny kwalifikującej się do eksploatacji określa się nazwą „zasoby”. Ze względu na wielkość zasoby mogą być bardzo duże, duże, średnie i małe. Ze względu na rozpowszechnienie kopaliny w skorupie ziemskiej złoża zasobów dzieli się na:

- **powszechnie występujące**: w wielu miejscach litosfery, mające niewyczerpalne zasoby (np. złoża kopaliny skalnych, niektórych chemicznych);
- **obfite**: mające zasoby wystarczające na kilka okresów amortyzacyjnych urządzeń wydobywczych i przerobczych. Występują w określonych miejscach litosfery (niektóre zagłębienia węgla kamiennego, rud żelaza, fosforytów);
- **ograniczone**: nieliczne, rozmieszczone nieregularnie, o zasobności obliczonej na kilkadziesiąt lat (złoża rud cynku, ołowiu, cyny, kobaltu, miedzi itp.). Są to złoża występujące na obszarze danego kraju.

Wartość tych złóż określana jest także na podstawie cech fizyko-mechanicznych skał otaczających: struktury, tekstury, ciężaru właściwego i objętościowego, porowatości, zwartości, zwięzłości, własności wytrzymałościowych, magnetycznych, elektrycznych, izolacyjnych itp.

Złożo przedstawia określoną wartość potencjalną, która musi być większa od wartości tych zasobów rolnych, leśnych i wodnych, które ulegają zniszczeniu przy jego udostępnieniu. Pomiedzy gospodarką danego kraju a ochroną jego środowiska naturalnego

zarysowują się konflikty dotyczące wykorzystania zasobów kopalin. Ich wydobycie ze złóż narusza środowisko przyrodnicze i pociąga za sobą straty. Dlatego każdą decyzję o uruchomieniu zakładu górniczego musi poprzedzać rachunek strat i zysków, przy uwzględnieniu wysokości nakładów oraz długotrwałości zamrożenia środków finansowych (w czasie całego okresu eksploatacji) i technicznych. Po stronie strat muszą być uwzględniane nakłady społeczne, jakie są ponoszone na wydobycie kopaliny, jej uszlachetnienie, transport, inwestycje główne i towarzyszące oraz rekultywację terenu.

5.6. Projekt prac geologicznych

Wszelkie prace geologiczne, które obejmują roboty i badania geologiczne mogą być wykonywane jedynie na podstawie **projektu prac geologicznych**, który określa: cel zamierzonych prac, sposób jego osiągnięcia wraz z określeniem rodzaju wymaganej dokumentacji geologicznej, harmonogram prac, przestrzeń, w obrębie której mają być wykonywane prace geologiczne, zwłaszcza wód podziemnych, oraz sposób likwidacji wyrobisk, otworów wiertniczych, rekultywacji gruntów i środki mające na celu zapobieżenie szkodom. Obowiązek ten realizowany jest na mocy ustawy *Prawo geologiczne i górnicze* (1994).

Wykonawca prac geologicznych prowadzi dokumentację prowadzonych prac, którą uzupełnia w miarę postępu robót. W czasie wykonywania prac geologicznych wykonawca zobowiązany jest do zagospodarowania wydobytej kopaliny lub kopaliny wydobywającej się samoistnie w czasie tych prac.

W przypadku gdy prace geologiczne obejmują roboty wykonywane w granicach obszaru górniczego utworzonego dla kopaliny podstawowej, lub gdy są wykonywane przy użyciu materiałów wybuchowych, albo gdy projektowana głębokość wyrobiska przekracza 30 m, do wykonywania tych robót stosuje się przepisy dotyczące ruchu zakładu górniczego.

5.7. Poszukiwanie złóż

Poszukiwanie złóż oparte jest na przewidywaniu możliwości ich występowania. Podstawą przewidywania jest znajomość prawidłowości tworzenia się złóż oraz wiedza ogólna o budowie geologicznej litosfery, złóż i obszaru badań. Do czynników służących do przewidywania występowania złóż należą: (1) **przesłanki** geologiczne, geofizyczne, mineralogiczne, petrograficzne, geochemiczne, paleograficzne i inne; (2) stwierdzone **oznaki występowania złóż** (np. wychodnia, przejawy mineralizacji, obecność minerałów wskaźnikowych, anomalii geochemicznych itp.).

Na podstawie tych wskaźników geologicznych tworzy się **prognozę geologiczną**, która służy do określenia **zasobów perspektywicznych**.

Podczas procesu poszukiwawczego złoża (lub złóż) dokonuje się oceny zasobów perspektywicznych na każdym etapie poszukiwawczym. Dokonuje się jej na podstawie uzyskiwanych informacji badawczych, analizy istniejącychwcześniejszych dokumentacji (jeśli takie były robione).

Prognozowanie geologiczno-złożowe jest kategorią prognozowania środowisko-przyrodniczego. Na tej bazie powstaje koncepcja badań geologicznych, prac

poszukiwawczych i rozpoznawczych złóż oraz możliwych do uzyskania efektów; tworzy się prognozę techniczną i ekonomiczną. Prowadzone prognozy stanowią podstawę **planowania geologicznego**, które w pewnym stopniu wpływa na proces planowania przestrzennego kraju, regionu, obszaru zalegania złoża oraz rozwój przemysłu wydobywczego i przetwórczego.

Wybór metody poszukiwania złóż zależy od kopaliny poszukiwanej, stanu geograficznego obszaru, jego rzeźby, warunków klimatycznych i geograficznych. Do metod tych należą m.in. metody (1) teledetekcyjne (fotogeologiczne) polegające na wykonaniu zdjęć satelitarnych i lotniczych oraz ich interpretacji; (2) geologiczne polegające na badaniu wychodni, przejawów mineralizacji, aureoli pierwiastków występujących w złożu, a rozpoznanych w jego otoczeniu; (3) geofizyczne polegające na pomiarze zjawisk magnetycznych i elektrycznych, własności sprężystych skał i innych.

Obecność kopaliny stwierdza się na podstawie badań próbek uzyskiwanych na wychodniach w robotach górniczych, poprzez wiercenia. Zadaniem wiercenia geologicznego jest wydobycie próbek rdzeniowych lub okruchowych do oznaczenia kopaliny, stworzenie możliwości wykonania badań geofizycznych, hydrogeologicznych, obserwacji ropo- i gazonośności w otworze, a w przypadku kopaliny ciekłych i gazowych wiercenia zapewniają możliwość pomiaru wydajności przewierczanych poziomów złożowych i pomiarów geofizycznych w otworze. W przypadku eksploatacji złóż kopaliny ciekłych i gazowych, a także ługowania kopaliny stałych z powierzchni, otwory wiertnicze zapewniają możliwość ich wydobycia.

5.8. Dokumentacja geologiczna

Wynikiem prac poszukiwawczo-geologicznych są **dokumentacje geologiczne**. Jest to zbiór informacji o wyniku przeprowadzonych badań geologicznych, mineralogicznych, petrograficznych, przerobczych i technologicznych, hydrogeologicznych. Są one podstawą rozpoznania zasobów złoża i określenia jego bilansowości (zasobów złóż kopaliny). Dokumentacja geologiczna zawiera interpretację uzyskanych wyników prac poszukiwawczo – geologicznych oraz określenie stopnia osiągnięcia zamierzonego celu. Treść art. 41, pkt 1 ustawy *Prawo geologiczne i górnicze* wskazuje, że dokumentacja geologiczna złoża kopaliny (...) *sporządzana jest w celu określenia zasobów złoża oraz rozpoznania jego budowy geologicznej dla projektowania zakładu górniczego*. Dlatego powinna ona szczegółowo określać (art. 41, pkt 2):

- rodzaj, ilość i jakość rozpoznanych kopaliny, w tym także kopaliny towarzyszących i współwystępujących użytecznych pierwiastków śladowych oraz substancji szkodliwych dla środowiska występujących w złożu;
- położenie złoża, jego budowę geologiczną, formę i granice;
- elementy środowiska otaczającego złoża;
- przewidziany sposób wydobycia kopaliny;
- geologiczno-górnicze i hydrogeologiczne warunki wydobycia;
- przewidywany wpływ wydobycia na środowisko;
- stan zagospodarowania powierzchni.

Dokumentacja geologiczna zawiera w swej znacznej części informację o zasobach złoża, czyli o ilości zawartej w złożu określonej kopaliny użytecznej.

Stopień rozpoznania złoża powinien umożliwiać:

- opracowanie projektu zagospodarowania złoża;
- ustalenie własności technologicznych kopaliny i dobór metod jej przeróbki;
- określenie sposobu zagospodarowania wód kopalnianych;
- określenie sposobu ograniczenia ujemnego wpływu eksploatacji na środowisko; zwłaszcza w zakresie ochrony przed odpadami;
- ocenę możliwości wykorzystania zasobów złoża;
- wskazanie możliwości i kierunków rekultywacji terenów poeksploatacyjnych.

Takie rozpoznanie złoża, zawarte w dokumentacji geologicznej, jest podstawą do udzielenia koncesji na wydobywanie kopalin.

Dokumentacja geologiczna opracowywana jest na podstawie współdziałania różnych dyscyplin naukowych: geologicznych, geofizycznych, hydrogeologicznych, mineralogicznych, górniczych, technologicznych, ekonomicznych. Jest ona podstawą przystąpienia do eksploatacji złoża. W razie stwierdzenia, w trakcie eksploatacji złoża, istotnych różnic w budowie geologicznej w stosunku do danych określonych w zawartej dokumentacji – dokumentacja geologiczna podlega zmianie. Zmiana następuje także w przypadku zmiany przedmiotu lub zakresu działalności, dla której dokumentacja została sporządzona (art. 46 ustawy PGG).

Prawo do informacji uzyskanych w wyniku przeprowadzonych prac geologicznych przysługuje podmiotowi, który poniósł koszty ich wykonania. Jednakże, za zgodą właściwych organów administracji geologicznej, może nastąpić przeniesienie praw do informacji przysługujących temu podmiotowi na innego przedsiębiorcę. Jeżeli organem żądającym przeniesienia na niego praw do informacji uzyskanych w wyniku prowadzenia prac geologicznych jest Skarb Państwa, to przeniesienie to następuje za wynagrodzeniem.

Organy gminne mogą żądać nieodpłatnego udostępnienia informacji o wynikach prowadzenia prac geologicznych, jeżeli dotyczą one ich terytorium i są niezbędne do wykonania ich zadań własnych, z zastrzeżeniem, że nie mogą być one wykorzystane do prowadzenia działalności gospodarczej czy udostępniane innym podmiotom (art. 47).

Udokumentowane złoża kopalin i wód podziemnych w granicach ich projektowanych stref ochronnych uwzględnia się w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego (art.48).

Dokumentacja hydrogeologiczna

Dokumentacja hydrogeologiczna sporządzana jest w celu ustalenia zasobów wód podziemnych i określenia warunków hydrogeologicznych. Informacje te są niezbędne dla prawidłowego przebiegu procesu wydobywania kopalin ze złóż; wtlaczania wód do górotworu, projektowania odwodnień budowlanych otworami wiertniczymi; projektowania inwestycji mogących zanieczyszczać wody podziemne; ma-

gazynowania i składowania na powierzchni lub w górotworze substancji i odpadów; ustanowienia stref ochronnych zbiorników wód podziemnych.

Podstawą wykonywania tych prac jest możliwie szczegółowe określenie w dokumentacji hydrogeologicznej (art. 42 ustawy PGG):

- budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych badanego obszaru;
- warunków występowania wód podziemnych, w tym charakterystyki warstw wodonośnych określonego poziomu;
- jakości wody podziemnej, a w przypadku wody leczniczej także trwałości jej składu chemicznego i cech fizycznych;
- przedsięwzięć niezbędnych dla ochrony środowiska;
- przedsięwzięć niezbędnych dla ochrony obiektów na powierzchni;
 - zasobów w oznaczonych poziomach wodonośnych, jeśli ustala się zasoby wód podziemnych, dla ustalenia warunków hydrogeologicznych w związku z wydobywaniem kopalin ze złóż, projektowaniem odwodnień budowlanych otworami wiertniczymi oraz ustanawianiem stref ochronnych zbiorników wód podziemnych;
 - technicznych możliwości wydobywania wody, gdy ustala się zasoby wód podziemnych, dla określenia warunków hydrogeologicznych w związku z wydobywaniem kopalin ze złóż oraz projektowaniem odwodnień budowlanych otworami wiertniczymi;
 - technicznych możliwości zatłaczania dla określenia warunków hydrogeologicznych w związku z wtłaczaniem wód do górotworu oraz magazynowaniem i składowaniem w górotworze i na powierzchni substancji oraz odpadów;
 - granic projektowanych stref ochronnych wód podziemnych dla ustalenia zasobów wód podziemnych oraz dla określenia warunków hydrogeologicznych w związku z ustanowieniem stref ochronnych zbiorników wód podziemnych.

Dokumentacja geologiczno-inżynierska

Dokumentacja geologiczno-inżynierska jest sporządzana również na mocy ustawy *Prawo geologiczne i górnicze*. Jej celem jest określenie warunków geologicznych dla potrzeb zagospodarowania przestrzennego; projektowania obiektów budowlanych; wykonywania wyrobisk górniczych; magazynowania i składowania substancji oraz odpadów. Powinna wyraźnie określać (art.43):

- budowę geologiczną, warunki geologiczno-inżynierskie i hydrogeologiczne podłoża budowlanego lub określonej przestrzeni;
- prognozę zmian w środowisku, mogących powstać na skutek realizacji lub eksploatacji obiektów inżynierskich;
- występowanie złóż kopalin, szczególnie surowców budowlanych, nadających się do wykorzystania przy realizacji inwestycji.

Za pomocą badań mineralogicznych poznaje się cechy kopalin, ich rodzaj i jakość aż do zawartości śladowych ilości pierwiastków rozproszonych. Za pomocą badań geo-

logicznych rozpoznaje się budowę skorupy ziemskiej i jej historię, wyróżnia się złoża i ustala ich zasoby zgodnie z kryteriami bilansowości podawanymi przez przemysł wydobywczy. Współpraca tych nauk prowadzi do wydzielenia z naturalnego środowiska geologicznego złóż, bez możliwości wpływania na rozwój ich procesów genetycznych.

5.9. Kryteria rozpoznania złóż

Większość zasobów ustala się na podstawie **kryteriów poznania zasobów**. Ustala się je na podstawie kolejnych etapów poznania złoża, które zamykane są dokumentacjami.

Kryteria poznania zasobów oznacza się symbolami **C₂, C₁, B i A** – najdokładniejsze rozpoznanie, uwzględniające wymagania geologiczne, techniczno-górniczne i ekonomiczne. Tworzą one tak zwane **kryteria bilansowości**, czyli zbiory parametrów geologicznych, mineralogiczno-petrograficznych, techniczno-górnicznych, technologicznych i ekonomicznych, które musi spełnić kopalina i jej koncentracja w litosferze, aby mogła być uznana za złoża w określonej kategorii poznania.

Kryteria bilansowości mogą ulec zmianie, a wpływ na to ma sytuacja polityczno-gospodarcza, rozwój społeczno-gospodarczy, kulturalny, infrastruktura obszaru lokalizacji złóż i wiele innych czynników. Zmienność kryteriów bilansowości wpływa na ocenę stanu zasobów kopalin, które pomimo znacznej zasobności nie są eksploatowane, w zamian za złoża niższej jakości, uboższe i mniejsze.

5.10. Podział zasobów złóż kopalin

Zasoby złóż kopalin dzieli się na nierozpoznane i rozpoznane, a te z kolei podlegają podziałowi na kolejne kategorie.

Zasoby nierozpoznane (perspektywiczne): są to zasoby częściowo znane lub których istnienia można się spodziewać bądź domyślać na podstawie znajomości budowy geologicznej rozważanego obszaru i właściwości poszukiwanych złóż, także aktualnych kryteriów bilansowości. Określa się je do głębokości dostępnej dla działalności górniczej. Zasoby nierozpoznane dzieli się na:

1. **Zasoby teoretyczne**: są to zasoby złóż nieodkrytych, których istnienie wynika tylko z przesłanek geologicznych, geochemicznych i geograficznych. Obejmują również kopaliny obecnie nie eksploatowane, o nie ustalonych kryteriach bilansowości, których przydatność przemysłowa aktualnie jest nie znana, ale w przyszłości może być brana pod uwagę.
2. **Zasoby prognostyczne „D”**, które muszą spełniać obowiązujące kryteria bilansowości dla danego typu złoża i kopaliny, w przeciwnym przypadku uznaje się je za **zasoby pozabilansowe (potencjalne)**. Zasoby prognostyczne dzielone są na trzy kategorie:
 - **Kategoria „D₃”**: charakteryzuje zasoby określane na podstawie przesłanek wskazujących możliwość istnienia koncentracji składnika użytecznego.
 - **Kategoria „D₂”**: charakteryzuje zasoby ustalone na podstawie przesłanek i ujawnionych oznak występowania złoża.

- **Kategoria „D₁”**: *charakteryzuje zasoby złóż stwierdzonych na wychodniach lub odosobnionymi wierceniami, a także na przypuszczalnych przedłużeniach złóż udokumentowanych, zwłaszcza eksploatowanych.*

Zasoby rozpoznane (udokumentowane i ustalone) stanowią podstawę opracowania i zatwierdzenia dokumentacji geologicznej. Uzasadniają dalsze rozpoznanie geologiczne złóż oraz stwarzają warunki dla podejmowania działalności inwestycyjnej.

W zależności od dokładności rozpoznania zasoby te są określane w kategoriach:

1. **Kategoria „C₂”**: charakteryzuje zasoby złóż poprzez wstępne określenie geologicznych warunków ich występowania, formy, budowy, granic geologicznych i górniczych warunków wydobywania, rodzaju, jakości i ilości występującej w złożu kopaliny z podziałem na **zasoby bilansowe** (spełniające kryteria bilansowości) i **pozabilansowe** (zbliżone do nich). Dokumentacja złoża tej kategorii określa zasoby **kopalin współwystępujących i towarzyszących**. Ponadto poznanie złoża w tej kategorii pozwala na podejmowanie dalszych nakładów finansowych w celu dokładniejszego rozpoznania lub eksploatacji złoża kopaliny.
2. **Kategoria „C₁”**: charakteryzuje zasoby złóż pod względem ilościowym, dokładniej określa warunki ich wydobywania i możliwości technologiczne wykorzystania kopaliny. Poznanie złoża w tej kategorii pozwala na podjęcie działań inwestycyjnych w celu jego eksploatacji.
3. **Kategoria „B”**: jednoznacznie wyjaśnia parametry złoża, umożliwia poznanie nakładów inwestycyjnych w celu planowania, projektowania wydobywania kopaliny i jej przerobu.
4. **Kategoria „A”**: precyzyjnie interpretuje wszystkie parametry geologiczne, mineralogiczne, górnicze, przerobcze i technologiczne złoża i jego kopaliny oraz ściśle określa jego zasoby.

Zasoby udokumentowane są zasobami geologicznymi ustalonymi zgodnie z kryteriami bilansowości. Schemat 9. ilustruje sposób klasyfikacji zasobów według Bolewskiego (1982), jaki stosowany jest w Polsce. Tabela 15. ilustruje udokumentowane zasoby surowców mineralnych.

Zasoby złoża przygotowywane do eksploatacji wymagają ustalenia **zasobów przemysłowych**. Zasoby przemysłowe są mniejsze od zasobów geologicznych. Różnica pomiędzy zasobami geologicznymi a zasobami przemysłowymi nazywana jest **stratami projektowymi (zasoby nieprzemysłowe)**. Mogą one sięgać nawet 50% zasobów geologicznych. Analiza kryteriów bilansowości może doprowadzić do zaniechania wydobywania kopaliny ze złoża.

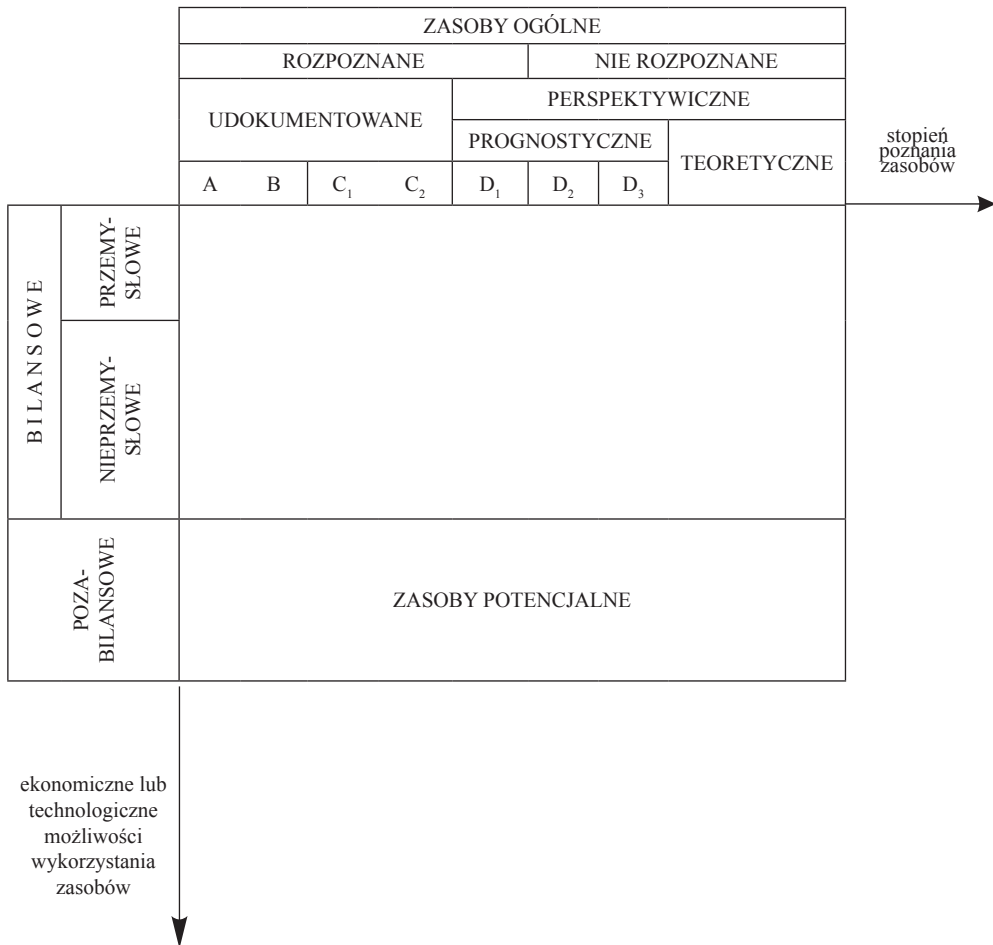
Wraz ze złożem kopaliny podstawowej wydobywa się **kopalinę towarzyszącą**. W tym przypadku zasoby przemysłowe pomniejsza się o straty eksploatacyjne (straty wybierania), które wynikają z pozostawienia części złoża, pożarów kopalnianych, wypadków losowych itp. Następuje też **zubożenie urobku** w stosunku do jakości kopaliny zawartej w złożu, np. skutek współwystępowania skały płonnej. Straty

eksploatacyjne określają ilość urobku jaka zostanie wydobyta. Zasoby przemysłowe pomniejszone o straty eksploatacyjne nazywane są **zasobami operatywnymi**.

Badania geologiczne litosfery pozwoliły na przybliżone (fragmentaryczne) określenie jej bogactw mineralnych oraz na określenie możliwości poszukiwawczych i wyznaczenie proporcji ilościowych między ich składowymi.

Obok zasobów kopalin podstawowych oceny wymagają zasoby kopalin (pierwiastków) towarzyszących (np. kadm w koncentraty cynku, srebro w koncentraty ołowiu lub miedzi). Określa się zawartość pierwiastków towarzyszących oraz ilość kopaliny, w której występują. Na tych podstawach oblicza się ich zasoby potencjalne jako funkcję zasobów kopaliny głównej.

Znajomość technologii stosowanych do ich wydobycia pozwala na określenie **wskaźnika uzyskiwalności** i podanie realnych **zasobów uzyskiwalnych** jako funkcji zasobów kopaliny głównej.



Schemat 9. Polska klasyfikacja zasobów kopalin (Bolewski, 1982)

Dokładne rozpoznanie budowy geologicznej litosfery, określenie granic złóż kopalin użytecznych, rozwój nowych technik wydobywania kopalin, ich przeróbki mechanicznej, technologii przetworzenia i możliwości wykorzystania gospodarczo-przemysłowego może być czynnikiem **powiększenia zasobów**.

5.11. Rejestr kopalin

Krajowe rejestry kopalin są zbiorczymi zestawieniami zasobów złóż poszczególnych kopalin. Opracowywane są na podstawie dokumentacji geologicznej złóż i raportów zmian stanu zasobów złóż zagospodarowywanych w ciągu mijającego roku. Rejestr kopalin dzieli je na:

- **zasoby złóż eksploatowanych**, wyrażanych w ilości zasobów przemysłowych;
- **zasoby złóż przygotowywanych do eksploatacji**, wyrażanych także w ilości zasobów przemysłowych;

Tabela 15. Niektóre udokumentowane światowe surowce mineralne (kopaliny) możliwe do gospodarczego wykorzystania (Bolewski, 1982)

Surowce energetyczne	Surowce metaliczne	Metale nieżelazne	Metale lekkie	Metale kruche
1	2	3	4	5
Antracyt Węgle kamienne Węgle brunatne Ropa naftowa Gaz ziemny Uran (koncentraty) Torf	Rudy żelaza Rudy metali stalowych: - chrom - cyrkon - kobalt - mangan - molibden - nikiel - tytan - wanad - wolfram	Cynk Ołów Gal German Ind Kadm Tal Miedź Ren Selen Tellur Cyna	Aluminium (boksyty) Beryl Lit Magnez	Arsen Antymon Bismut Rtęć
Metale szlachetne	Metale rzadkie	Pierwiastki ziem rzadkich	Surowce chemiczne	Surowce niemetaliczne
6	7	8	9	10
Platyna i pallad Złoto Srebro	Cez Rubid Niob Tantal	Skand Tor	Baryt Bor Fluor Apatyty Fosforyty Siarka Sól kamienna Sole potasowe Selen Stront Brom Chlor Jod	Skaleń Wermikulit Gips Azbest Grafit Mika Talk Pumeks Diatomit Granaty

- **zasoby złóż rezerwowych**, nie objętych żadną inwestycją, wyrażane w kategoriach geologicznych. Zasoby złóż rezerwowych dzielone są na:
 - **zasoby złóż rozpoznanych**, ale z różnych przyczyn nie zagospodarowywanych (np. trudności komunikacyjnych, kryteriów bilansowości, wielkości złoża);
 - **zasoby złóż wyłączonych z eksploatacji** (np. odkryto złoża zasobniejsze).

Na podstawie krajowych rejestrów zasobów kopalin sporządza się światowe rejestry zasobów kopalin.

5.12. Gospodarka złożem

Ograniczoność zasobów złóż nakazuje bezwzględną ich ochronę i konieczność racjonalnego wykorzystania. Stracenie części zasobów w złożu, np. w wyniku niestarannego wybrania stwarza konieczność sięgania do zasobów zalegających w trudniejszych warunkach geologicznych, co z kolei przynosi straty energo-, materiało-, pracochłonne i finansowe: *Zasoby złoża limitują wielkość wydobycia kopaliny i produkcji surowca mineralnego, także czas istnienia kopalni, czyli efektywność nakładów inwestycyjnych. (...) strata zasobów w złożu wskutek niewłaściwej działalności górniczej powoduje stratę nakładów inwestycyjnych* (Bolewski, 1982).

Eksploatacja złóż tylko nieodnawialnych lub odnawialnych w miejscach szczególnie zasobnych lub łatwo dostępnych częściach złoża, połączona ze zniszczeniem reszty zasobów określana jest jako **eksploatacja rabunkowa**. Powtórne dotarcie do złoża może okazać się nieopłacalne lub wręcz niemożliwe od strony geologiczno-technicznej.

Rabunkowe traktowanie złoża wyraża się też poprzez niewłaściwe zagospodarowywanie urobku górniczego – marnotrawionego na przemysłowych składowiskach odpadów. Dlatego kopaliny towarzyszące i odpadowe muszą być starannie magazynowane na hałdach przemysłowych tak, aby w perspektywie czasowej możliwe było ich wykorzystanie po wprowadzeniu nowych technologii.

Eksploatacja złóż zawsze połączona jest ze stratami zasobów ale zawsze należy dążyć do minimalizacji możliwości ich wystąpienia lub wielkości strat. Z literatury dowiadujemy się, że (Bolewski, 1982): *nie do przyjęcia jest na przykład bagatelizowanie złóż mało zasobnych wyrażające się w poglądzie, że skoro ze złoża można wybrać ilość kopaliny zdolną pokryć tylko 10% zapotrzebowania krajowego, to nie warto się nim zajmować.*

Złoża wykorzystuje się maksymalnie, bez kierowania się chwilową, jednorazową koniecznością pokrycia zapotrzebowania kraju. Eksploatuje się złoża wielkie, duże, średnie i małe, o ile tylko jest to opłacalne. *Strata kopaliny w złożu jest trwałym ubytkiem możliwości produkcji surowców mineralnych w kraju – jest stratą społeczną. Celem działalności górniczej jest uzyskanie optymalnych wyników z punktu widzenia społeczno-gospodarczego rozwoju kraju i ochrony jego środowiska naturalnego* (Bolewski, 1982).

5.13. Gospodarka urobkiem górnictwem

Urobek górniczy tylko w niewielkiej części może być zużyty w pierwotnej postaci, jaką dostarczają zakłady górnicze. Kopaliny te wymagają jedynie wstępnych zabiegów przystosowujących je do gospodarczego wykorzystania, takich jak rozdrabnianie, homogenizacja itp. Większość eksploatowanego urobku wymaga obróbki mechanicznej, która przystosowuje go do potrzeb odbiorcy i technologii przetwórczych.

Urobek może składać się z jednej kopaliny (np. łom bazaltu) lub kopaliny wieloskładnikowej (np. złoża rud cynku, ołowiu itp.). W takim przypadku urobek, jako **nadawa**, kierowany do zakładu przeróbki mechanicznej, poddawany jest rozdzielaniu na składniki użyteczne – surowce mineralne (np. koncentraty rud cynku, galeny (rud ołowiu), markasytu (pirytu F_2S), dolomitu). Powstające przy przeróbce odpady (zawierające nadal znaczne ilości metali użytecznych – tzw. straty przeróbcze), gromadzone są na hałdach i osadnikach odpadowych tworząc antropogeniczne złoża.

5.14. Gospodarka surowcami mineralnymi

Surowcem mineralnym jest:

- Urobek (niesort górniczy) przekazywany do przetwarzania w stanie naturalnym (np. węgiel kamienny i brunatny, margle, wapienie, gliny, ily itp.).
- Rudy w stanie nie przerobionym (np. żelaziaki brunatne, boksyty itp.).
- Koncentraty uzyskane w wyniku mechanicznej przeróbki urobku (np. koncentraty rud cynku, miedzi itp.).
- Wyroby uzyskane w wyniku termicznej przeróbki urobku (np. syderyty prażone, magnezyt palony, glinki palone itp.).
- Wyroby wielkopieczowe (np. surówka żelazna, stале surowe itp.).
- Żelazostopy (np. żelazochrom, żelazonikiel, itp.).
- Metale stalowe, nieżelazne, lekkie i kruche (np. kobalt, nikiel, miedź, cynk, itp.).
- Inne metale (np. cez, gal, german itp.).
- Wyroby przemysłu koksochemicznego (np. koks).
- Wyroby wielkiego nieorganicznego przemysłu chemicznego (np. soda, kwas siarkowy itp.).
- Wyroby przemysłu budowlanych materiałów wiążących (np. cement, wapno, gips palony itp.).
- Substytuty (np. diamenty syntetyczne, elektrokorund itp.).
- Surowce wtórne (np. złom aluminiowy, stłuczka szklana itp.).
- Metale i inne wyroby wtórne (np. ołów wtórny itp.).

Określony surowiec mineralny można uzyskać z różnych źródeł, np. siarkę i jej produkty pochodne można uzyskać ze skał siarkonośnych lub z procesów przeróbki gazu ziemnego i ropy naftowej czy gazów hutniczych. Surowcem mineralnym jest więc minerał, skała, kopalina, urobek górniczy i wyrób uzyskany w zakładzie przetwórczym, z chwilą jego przekazania i przejęcia przez użytkownika.

Wielkość produkcji i zużycia surowców energetycznych i paliw kopalnych przelicza się na tzw. **paliwo umowne** (p.u.: 1 kg p.u. = 7 000 kcal = 29 200 J).

Klasyfikacja surowców mineralnych

Powszechnie surowce mineralne klasyfikuje się według grup technologicznych, czyli przeważającego zakresu użytkowania. Wyróżnia się:

1. Surowce energetyczne i paliwa: węglowe, węglowodorowe, rozszczepialne.
2. Surowce metaliczne (hutnicze): żelaza, metali stalowych, metali nieżelaznych, metali lekkich, metali kruchych, metali innych.
3. Surowce chemiczne: wielkiego przemysłu chemicznego (np. siarkowego, sodowego, karbidowego itp.), przemysłu nawozów mineralnych.
4. Surowce przemysłu: ceramicznego, ceramiki budowlanej, materiałów ogniotrwałych, materiałów izolacyjnych, materiałów ściernych, budowlanych materiałów wiążących, szklarskiego i emalierskiego.
5. Farby ziemne.
6. Surowce skalne (kamienie drogowe i budowlane).
7. Inne surowce (np. azbest, grafit, mika, talk itp.).
8. Wody.
9. Gazy.

5.15. Podział kopalin

Kopalina użyteczna to minerały i skały praktycznie wykorzystywane, co warunkuje istnienie technologii ich przerobu korzystnej od strony społeczno-gospodarczej.

Definicja kopaliny według Bolewskiego (1982) brzmi: *Kopalina jest każdy mineral lub skała użyteczna tworząca skupienia (złoża), które nadają się do bezpośredniego lub po odpowiedniej przeróbce technologicznej wykorzystania gospodarczego.*

Wyróżnia się następujący podział kopalin:

- **Kopaliny główne**, którymi są wszystkie minerały i skały użyteczne, spełniające wymagania odnośnie definicji kopaliny i kwalifikujące się do samodzielnej eksploatacji górniczej.
- **Kopaliny towarzyszące**: współwystępują w złożu kopaliny głównej, ale nie kwalifikują się do oddzielnego wydobycia. Ich urobek wydobywa się z kopalni niezależnie od urobku kopaliny głównej;
- **Kopaliny współwystępujące**: występują obok siebie, kwalifikując się do jednoczesnego wydobycia; różnią się składem mineralnym, pomimo że zawierają mogą takie same składniki użyteczne.
- **Kopaliny odpadowe**: są to skały o niewyjaśnionej wartości użytkowej – skały płonne, towarzyszące kopalinom użytecznym, które muszą być wspólnie urabiane i wydobywane. Określane są jako *kopaliny towarzyszące* o nieznamiennej przydatności gospodarczej.

Składniki towarzyszące są związane z kopalinami głównymi i towarzyszącymi w sposób uniemożliwiający ich oddzielenie w toku urabiania złoża, a nawet przeróbki mechanicznej urobku. Natomiast **pierwiastki towarzyszące** (rozproszone) są zawarte w minerałach geochemicznie pokrewnego pierwiastka w formie rozproszonych atomów. Mogą one być oddzielone jedynie na drodze przeróbki chemicznej, hutniczej itp.

5.16. Ochrona zasobów złóż kopalin

Według Bolewskiego (1982) *zasoby kopalin są zmiennym w czasie pojęciem dynamicznym i funkcjonalnym. Ich wielkość, a także rodzaj i jakość kopaliny ustala się zgodnie z aktualnym poziomem nauki, techniki, technologii i ekonomii przy uwzględnieniu zapotrzebowania w określonych warunkach społeczno-gospodarczych i politycznych. Ich zmienność powoduje, że znaczenie pojęcia „zasoby” ulega zmianie. Złoża i ich zasoby są wyróżniane w skorupie ziemskiej dzięki umiejętnościom i wiedzy człowieka oraz jego zapotrzebowaniu na określone zasoby.*

Zasoby złóż są ograniczone, w większości nieodnawialne lub odnawialne w przeciągu bardzo długiego okresu geologicznego. Zasoby są także wyczerpywalne, niszczone, nierównomiernie rozłożone geograficznie i różnie dostępne.

Zasoby surowców mineralnych są ograniczone, ich objętość lub ilość zwana jest *zasobnością złoża*. Zasobność złoża może być **obfita** i **powszechnie występująca** lub **rzadka** czy **występująca punktowo**.

Ograniczoność zasobów złóż wyraża się określoną ich objętością i ilością kopaliny. Stwarza to niemożliwą do przekroczenia barierę rozwoju górnictwa i jego przemysłu, zmusza także do ustawicznego poszukiwania nowych złóż powiększających zasoby danej kopaliny, a także do wskazywania metod pokrywania istniejących braków i deficytów.

Nieodnawialność zasobów złóż wynika z faktu, że rozwój procesów minerał- i skałotwórczych jest bardzo powolny i niezależny od człowieka. Wyjątek stanowią kopaliny, jak np. piasek, niekiedy zasobny w minerały (np. tytanu, cyny itp.), nagromadzające się w korytach rzek, a także na plażach. Odnawialne są też zasoby współczesnych ewaporatów solnych, które tworzą się w okresowo wysychających nieckach jeziornych, pustynnych lub przybrzeżnych częściach płytkich basenów morskich. Podobnie można traktować niezbyt obfite produkty ekshalacji wulkanicznych, których obecnie nie wykorzystuje się ze względu na zmienną jakość. Większość zasobów złóż kopalin stałych nadaje się tylko do jednorazowego wydobycia. Im dłużej pierwiastki potrzebne do życia mogą utrzymać się na danym obszarze i być wielokrotnie wykorzystane przez kolejne generacje organizmów, tym mniej konieczne jest dostarczanie nowego materiału z zewnątrz. Niestety człowiek niszczy tę homeostazę, ponieważ nie rozumie związków pomiędzy życiem a materią, które ustaliły się przez tysiące lat. Zniszczenie takich mechanizmów, przez wytrącanie koniecznych dla życia pierwiastków z ich obiegu, wpływa na zubożenie całego ekosystemu na wiele lat. Odnawianie utraconych zasobów drogą naturalną wymaga bardzo długiego czasu.

Wyczerpywalność złóż jest pochodną ich nieodnawialności. Zasoby wyczerpują się w trakcie ich wydobycia i złoża z upływem czasu ulega zanikowi. Przy dużych zasobach występuje konieczność eksploatacji pokładów z coraz większych głębokości.

Zniszczalność zasobów kopalin wynika ze zniszczalności produktów, w skład których wchodzi (np. wyroby z żelaza ulegają korozji, która jest przyczyną rozproszenia zawartego w nich żelaza). Surowce mineralne metaliczne są częściowo odzyskiwalne, po zużyciu produktu pierwotnego. Całkowicie zniszczalne są paliwa kopalne, jak ropa naftowa, gaz ziemny, węgiel kamienny i brunatny. Paliwa te są źródłem energii cieplnej, elektrycznej lub chemicznej, która ulega rozproszeniu w licznych zastosowaniach gospodarczo-przemysłowych i społecznych.

Nierównomierność geograficznego rozmieszczenia zasobów spowodowana jest zróżnicowaniem budowy geologicznej litosfery oraz niedokładnością jej rozpoznania.

Dostępność zasobów złóż zależy od istniejących w danym czasie ich wydobycia określonych nowoczesnych technik wydobycia, szczególnie zasobów zalegających w głębokich pokładach.

Uzyskanie i odzyskanie pierwiastków i składników rozproszonych zależy od dostępnej technologii. Do sposobów racjonalizacji zużycia surowców mineralnych należą obiegi zamknięte. Innym sposobem jest odzyskiwanie surowców wtórnych, czyli recykling odpadów powstających podczas przeróbki surowców wyjściowych i jak najszersze powtórne wykorzystanie w tej samej lub innej technologii. Już w 1982 roku Bolewski apelował: (...) *gospodarka surowcami wtórnymi jest ważnym ogniwem gospodarki surowcami mineralnymi i ma doniosłe znaczenie dla zapewnienia długotrwałości wykorzystania bogactw przyrody. Opóźnia ich wyczerpywanie się, a kraj chroni przed nadmiernymi wydatkami na cele inwestycyjne przemysłu wydobywczego, a często też przed nadmiernym importem.*

Ochrona zasobów naturalnych może być prowadzona także poprzez wprowadzenie na rynek surowców zastępczych, czyli *substytutów* naturalnych surowców mineralnych. Substytuty są produktem zastępczym dla surowca mineralnego naturalnego pochodzenia, ale rzadkiego, deficytowego lub droższego. Są to (muszą być) surowce łatwiej dostępne i tańsze.

Zróżnicowanie, występowanie, wielkość wydobycia, stosunek kopalina/odpady oraz wpływ na środowisko surowców mineralnych ilustruje Tabela 16.

Tabela 16. Surowce mineralne. Zróżnicowanie, występowanie, wielkość wydobycia, stosunek kopalina/odpady, wpływ na środowisko (Mannion, 2001; za Blundenem, 1985)

Rodzaj surowca	Przykład surowca	Występowanie	Stosunek: kopalina : odpady	Światowe wydobycie	Metody wydobycia	Wpływ wydobycia na środowisko	Uwagi
Surowce skalne	wapień, kreda, granit, piaskowice, łupki dachówkowe	powszechne i obfite	bez odpadów	miliardy ton	kamieniołomy wgłębne lub zboczowe	dewastacja krajobrazu poeksplatacyjnego	prawie 95% odpadów w przypadku łupków
Surowce skalne	piasek, żwir	powszechne i obfite	bez odpadów	miliardy ton	wydobycie odkrywkowe lub czepakowe wyrobiska odkrywkowe	zalewy, obniżenie powierzchni terenu, drenaż	niekiedy powstanie nowych zbiorników wodnych i terenów rekreacyjnych
Iły i gliny	gliny garnaerskie, iły kamionkowe, kaoliny, ziemia fulerska	powszechne	bez odpadów (oprócz nadkładu)	setki milionów ton	wydobycie odkrywkowe	obniżenie powierzchni terenu, odwodnienie, zanieczyszczenie środowiska przez odpady z produkcji kaolinu	w przypadku kaolinu duża ilość odpadów (1:10)
Minerały skatowórcze	skaleń, dolomit, mika, kwarc, fluoryt	powszechne, złoża dość rzadkie	1 : 1 do 1 : 50	miliony ton	kamieniołomy wgłębne lub zboczowe	blizny w krajobrazie	wymagają selektywnego wydobycia
Kamienie szlachetne i ozdobne	diamant, rubin, szafir, szmaragd, opal, granat, nefryt, ametyst i jadeit	rzadkie	nikły procent masy urobku	kilogramy	wydobycie odkrywkowe i podziemne wyrobiska	blizny w krajobrazie	wymagają selektywnego wydobycia
Pospolite minerały	azbest, wermikulit, piryt, talk, pirofyllit, alun, baryt, gips	złoża dość częste		miliony ton	kamieniołomy wgłębne lub zboczowe	jak surowce skalne; ryzyko zanieczyszczenia wody	
Minerały występujące rzadziej	grafit, sillimanit, wollastonit, kryolit	rzadkie		setki tysięcy ton	wydobycie podziemne	jak surowce skalne; ryzyko zanieczyszczenia wody	
Sole	sól kamienna, sole potasowe, boraks, azotan, fosforany	powszechne i obfite		miliony ton	wydobycie podziemne i odkrywkowe, ługowanie	haldy odpadów, osiadywanie terenu, wpływ solanki	
Materiały ścierne	korund, szmergiel, pumeks, granat	rzadkie, lecz obfite		miliony ton	wydobycie powierzchniowe i podziemne	jak skały	
Rudy żelaza	magnetyt, hematyt, limonit	obfite, lecz rzadko występujące		setki milionów ton	wydobycie głównie odkrywkowe	haldy odpadów	

Tabela 16. c.d.

Rodzaj surowca	Przykład surowca	Występowanie	Stosunek: kopalina : odpady	Światowe wydobyte	Metody wydobycia	Wpływ wydobycia na środowisko	Uwagi
Pospolite rudy metali nieżelaznych	boksyt, rudy: ołowiu, niklu, cynku, miedzi, cynku	ograniczone		miliony ton	obecnie głównie odkrywkowe, niekiedy (cyna) okruchowe	porzucone wyrobiska, haldy, zamulone koryta rzeczne i jeziorne, toksyczne odpady	
Metale występujące rzadziej	mangan, antymon, kadm, chrom, kobalt, rtić			setki tysięcy ton	wydobyte podziemne	odpady toksyczne	
Metale rzadkie	ind, german, lit, cez, selen, tellur, wolfram, tor, tytan, uran, wanad, cyrkon	rzadkie i bardzo rzadkie	1 : 100 aż do 1 : 5 000 000	od poniżej tony do kilkunastu tysięcy ton zależnie od popytu i obfitości; wagę ich zazwyczaj podaje się w setkach uncji	rozmaite	odpady toksyczne i radioaktywne	
Metale szlachetne	złoto, srebro, platyna, pallad	bardzo rzadkie	rudy zawierają około 0,1% metalu	tysiące ton	kopalnie podziemne i odkrywkowe, złoża okruchowe	wyrobiska, haldy odpadów, dewastacja krajobrazu	czasem jako produkt uboczny
Paliwa kopalne	węgiel	powszechny	2 : 1 (kopalnie podziemne) 1 : 15 (odkrywkowy)	setki milionów ton	kopalnie podziemne i odkrywkowe	osiadanie terenu, haldy skały pływnej, dewastacja krajobrazu, zanieczyszczenie powietrza przez pożary hald, odcieki z hald, czasowe zanieczyszczenie krajobrazu przez górnictwo odkrywkowe	
	ropa naftowa i gaz ziemny	obfite, lecz rzadko występujące	wykorzystane całkowicie	setki milionów ton	szyby wiertnicze na lądzie, platformy wiertnicze na morzu	plamy ropy na morzu lub z rurociągów, haldy odpadów z łupków naftowych	
	torf	pospolite	bez odpadów	miliony ton	wydobyte odkrywkowe	obniżenie powierzchni terenu, powstanie zastojisk wód, zniszczenia siedlisk bagiennych	

Rozdział 6

SKRÓTY

(najczęściej spotykane w literaturze przedmiotu)

- ADI – dopuszczalna dawka dzienna (toksykologia) (*allowable daily intake*)
- AEA – Agencja Energii Atomowej (*Atomic Energy Authority*)
- APE – etanolany alkilofenoli (związki) (*alkyl phenol ethoxylates*)
- BBP – ftalan butyloowo-benzyłowy (związek) (*butyl benzyl phthalate*)
- BCF – współczynnik koncentracji biologicznej (*biological concentration factor*)
- BHA – hydroksyanizol butyłowy (związek) (*butylated hydroxyanisole*)
- BHT – hydroksytoluen butyłowy (związek) (*butylated hydroxytoluene*)
- BOD (BZT) – biochemiczne zapotrzebowanie na tlen (*biochemical oxygen demand*)
- BTEX – benzen, toluen, etylobenzen i ksylen (zestaw związków organicznych) (*benzene, toluene, ethyl benzene and xylene*)
- CEC – pojemność jonowymienna gleby (*cation exchange capacity*)
- CEC – Komisja Wspólnoty Europejskiej (*Commission of the European Community*)
- CFC – chlorofluorowęglowodory (związki) (*chlorofluorocarbons*)
- CHC – chlorowane węglowodory (związki) (*chlorinated hydrocarbon compounds*)
- COD (ChZT) – chemiczne zapotrzebowanie na tlen (*chemical oxygen demand*)
- CP – chlorofenole (chlorophenols)
- CTB – chemiczna bomba zegarowa (*chemical time bomb*)
- DPB – ftalan di-n-butylu (związek) (*di-n-butyl phthalate*)
- DCE – dichloroetan (związek) (*dichloroethene*)
- DDE – (dichlorodifenylo)dichloroetan (związek) (*dichlorodiphenyl dichloroethene*)
- DDT – (dichlorodifenylo)trichloroetan (związek) (*dichlorodiphenyl trichloroethane*)
- DEHP – ftalan bis(2-etyloheksylu) (związek) (*bis(2-ethylhexyl)phthalate*)

DNA	– kwas dezoksyrybonukleinowy (materiał kodu genetycznego) (<i>deoxyribonucleic acid</i>)
DOC	– rozpuszczalne związki organiczne (<i>dissolved organic compounds</i>)
DTPA	– kwas dietylotriaminopentaoctowy (odczynnik chemiczny) (<i>diethyltriamine-pentaacetic acid</i>)
EDTA	– kwas etylenodiaminotetraoctowy (odczynnik chemiczny) (<i>ethylenediaminetetraacetic acid</i>)
EIA (OOŚ)	– ocena wpływu (oddziaływania) na środowisko (<i>Environmental Impact Assessment</i>)
EPA	– Agencja Ochrony Środowiska (USA) (<i>Environmental Protection Agency</i>)
EPA	– ustawa o ochronie środowiska (Wielka Brytania, 1990) (<i>Environmental Protection Act</i>)
EU	– Unia Europejska (<i>European Community</i>)
HCFC	– chlorofluorowęglowodór (związek) (<i>hydrogen-containing chlorofluorocarbon</i>)
HCH	– heksachloroheksan (związek) (<i>hexachlorohexane</i>)
LC ₅₀	– stężenie śmiertelne dla 50% populacji (<i>lethal concentration for 50% survival</i>)
LD ₅₀	– dawka śmiertelna dla 50% populacji (<i>lethal dose for 50% survival</i>)
LFG (biogaz)	– gaz wydobywający się ze składowisk odpadów (<i>landfill gas</i>)
LOAEL	– najniższy poziom, dla którego obserwuje się szkodliwe skutki (toksykologia) (<i>lowest observable adverse effect level</i>)
LOEL	– najniższy poziom obserwowanych skutków (toksykologia) (<i>lowest observable effect level</i>)
LPG	– skroplony gaz ziemny (<i>liquefied petroleum gas</i>)
MAC	– największe stężenie dopuszczalne (<i>maximum allowable concentration</i>)
MCP	– monochlorofenol (związek) (<i>monochlorophenol</i>)
MCPA	– kwas 2-metylo-4,6-dichlorofenoksyoctowy (związek) (<i>2-methyl-4,6-dichlorophenoxyacetic acid</i>)
MEL	– górna granica narażenia (toksykologia) (<i>maximum exposure limit</i>)
NOAEL	– poziom, przy którym nie obserwuje się skutków szkodliwych (toksykologia) (<i>no observable adverse effects level</i>)
NOEL	– poziom, przy którym nie obserwuje się skutków (toksykologia) (<i>no observable effects level</i>)
NPE	– etanolan nonylofenolu (związki) (<i>nonyl phenol ethoxylates</i>)
NTA	– kwas nitrylotrioctowy (związek) (<i>nitritotriacetic acid</i>)

NTP	– warunki normalne środowiska: temperatura (273,15 K) i ciśnienie (10125 Pa) (<i>normal temperature and pressure</i>)
ODS	– poli(bursztynian oktanodiolu)
OECD	– Organizacja do Spraw Rozwoju i Współpracy Gospodarczej (<i>Organization for Economic Co-operation and Development</i>)
PAN	– azotan acetoksyłu (związek) (<i>peroxyacetyl nitrate</i>)
PCB	– polichlorowany bifenyl (związek) (<i>polychlorinated biphenyl</i>)
PCDD	– polichlorodibenzo-p-dioksyna (związek) (<i>polychlorodibenzo-p-dioxin</i>)
PCDF	– polichlorodibenzofuran (związek) (<i>polychlorodibenzofuran</i>)
PCP	– pentachlorofenol (związek) (<i>pentachlorophenol</i>)
PCE	– perchloroetylen (związek)
PEL	– dopuszczalna granica narażenia (toksykologia) (<i>permissible exposure limit</i>)
PM ₁₀	– cząstki materii o średnicy mniejszej niż 10 µm (<i>particulate matter smaller than 10 µm</i>)
PMTWI	– tymczasowa największ tolerowana dawka tygodniowa (toksykologia) (<i>provisional maximum tolerable weekly intake</i>)
POMP	– trwała substancja szkodliwa (mikropolutant) (<i>persistent organic micropollutant</i>)
PTWI	– tymczasowa tygodniowa dawka tolerowana (toksykologia) (<i>provisional tolerable weekly intake</i>)
PVC	– poli(chlorek winylu) (związek) (<i>polyvinyl chloride</i>)
Rad	– dawka pochłonięta promieniowania równa 0,01 J/kg
RNA	– kwas rybonukleinowy (materiał kodu genetycznego) (<i>ribonucleic acid</i>)
STP	– standardowa temperatura i ciśnienie (<i>tandard temperature and pressure</i>)
TBT	– tributyllocyna (związek) (<i>tributyltin</i>)
TCB	– trichlorobifenyl (związek) (<i>trichlorobiphenyl</i>)
TCDD	– tetrachlorodibenzodioksyna (związek) (<i>tetrachlorodibenzodioxin</i>)
TCE	– trichloroetan (związek) (<i>trichloroethane</i>)
TDI	– tolerowana dawka dzienna (toksykologia) (<i>tolerable daily intake</i>)
TDS	– rozpuszczone substancje stałe ogółem (<i>total dissolved solids</i>)
TEF	– równoważnik toksyczny (toksykologia) (<i>toxic equivalent factor</i>)
TEL	– tetraetylołów (związek) (<i>tetraethyl lead</i>)
TEQ	– ilość równoważna toksycznie (TEF – stężenie) (<i>toxic equivalent quantity</i>)
TLV	– wartość progowa (<i>threshold limit value</i>)

- TOMP – toksyczna substancja organiczna (*toxic organic micropollutant*)
- TSP – cząstki zawieszone w powietrzu ogółem (*total suspended particles*)
- UNEP – Program Środowiskowy ONZ (*United Nations Environmental Programme*)
- USEPA – Agencja Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych (*US Environmental Protection Agency*)
- VCM – monomer chlorek winylu (związek) (*vinyl chloride monomer*)
- VOC – lotny związek organiczny (*volatile organic compound*)
- WHO – Światowa Organizacja Zdrowia (*World Health Organization*)

Część III

Górnictwo jako element
antropopresji

Wzrost zapotrzebowania na surowce kopalne, ciężkie i niebezpieczne warunki pracy, podnoszą rangę górniczego zawodu. Uzewnętrznia się to nadawaniem przez panujących odrębnych praw i przywilejów dla górników. Postęp w technice eksploatacji kopalni zrodził potrzebę podnoszenia poziomu organizacji pracy, wiedzy i wykształcenia.

Sozański Józef, 1999

Rozdział 1

GÓRNICCTWO – PODSTAWOWE WIADOMOŚCI

Górnictwo jest dziedziną przemysłu zajmującą się wydobywaniem z ziemi użytecznych kopalni, do których należą występujące w litosferze naturalne ciała stałe, ciekłe i gazowe, służące w stanie surowym lub po przerobieniu, potrzebom gospodarczo-przemysłowo-społecznym. W stanie naturalnym użytkuje się niewiele surowców mineralnych, np. rudy metali, węgle kamienne, sól kamienną, piasek, żwir, węglanowe nawozy mineralne, gaz ziemny, bituminy ciekłe.

Produktem działań górniczych jest **urobek** (niesort) górniczy, czyli mieszanina ziaren różnej wielkości kopaliny użytecznej, zawierającej domieszki skał płonnych, występujących w jej obrębie lub sąsiedztwie. Surowy urobek górniczy w znacznej części nie ma wartości handlowej. Wymaga on przetworzenia, czyli przystosowania do wyk orzystania w technologii użytkowej. W tym celu poddawany jest przeróbce mechanicznej, obejmującej szereg procesów mechanicznych, fizyko-chemicznych i chemicznych, prowadzących do uzyskania surowca mineralnego, czyli finalnego produktu przemysłu wydobywczego, przydatnego do technologicznego przerobu. Przeróbka kopaliny prowadzi do zmiany jej podstawowych właściwości, takich jak: wielkość ziaren, zmiana kształtu ziaren, składu mineralogicznego czy chemicznego, a nawet stanu skupienia. Proces przeróbki kopalni to, inaczej mówiąc, proces **wzbo-gacania kopalni użytecznych**.

Górnictwo jest działalnością, której zadaniem jest optymalne wykorzystanie złóż zalegających w obszarze działania, który nazywany jest górotworem.

Górotwór to zewnętrzne warstwy utworów skalnych skorupy ziemskiej będące obszarem działania człowieka. Strukturalne cechy górotworu ilustruje Tabela 1.

Sięganie człowieka do coraz głębszych warstw górotworu zlokalizowanych w różnych miejscach Ziemi, wymagało stałego doskonalenia sposobów wydobywania kopalni oraz tworzenia zupełnie nowych technik górniczych i metod eksploatacji. Zależnie od rodzaju wydobywanej kopaliny górnictwo można podzielić na: rudne, węglowe, solne itp. W zależności od rodzaju złoża kopaliny użytecznej i warunków geologicznych części skorupy ziemskiej, w której występuje złożo, stosuje się różne metody eksploatacji:

- **Eksploatację naziemną**, czyli odkrywkową, przeprowadzaną w złożach występujących blisko powierzchni ziemi, po usunięciu nadkładu skał płonnych.
- **Eksploatację podziemną**, inaczej mówiąc „głębinową”, stosowaną w wypadku głębokiego zalegania złoża, gdy usuwanie nadkładu o znacznej grubości skał płonnych jest nieopłacalne.

- **Eksploatację za pomocą otworów wiertniczych**, stosowaną gdy eksploatacja innym sposobem nie jest możliwa (na przykład dla kopalin płynnych i gazowych) lub mniej opłacalna.

W zależności od sposobu eksploatacji złoża kopaliny użytecznej rozróżnia się górnictwo: naziemne – odkrywkowe, podziemne i wiertnicze, czyli eksploatację otworową.

Górnictwo jest również dziedziną nauki, która zajmuje się całokształtem zagadnień związanych z wydobywaniem i późniejszym uzyskaniem kopalin. Bada i wyjaśnia zjawiska zachodzące podczas eksploatacji kopalin, na przykład: ruchy górotworu, występowanie wody i gazów. Górnictwo, jako nauka, ustala także zasady ich racjonalnego wydobywania.

Wielość działań górnictwa i występujących w nich wymagań technicznych służących pozyskaniu zasobów środowiska naturalnego, najczęściej zasobów wyczerpywalnych, jest powodem wielu różnorodnych zmian w środowisku. Rodzaj zmian antropogenicznych, jakie zachodzą wokół miejsca wydobywania zależy od rodzaju wydobywanego surowca, typu kopalni, poziomu najnowszej techniki, wiedzy i świadomości ludzi pracujących w górnictwie, a także aktualnej sytuacji politycznej regionu.

1.1. Prace geologiczne i górnicze

Przedmiotem eksploatacji górniczej jest złożo, będące miejscem skupienia kopaliny użytecznej w skorupie ziemskiej. Eksploatację górniczą złoża poprzedzają prace planistyczne i organizacyjne związane z poszukiwaniami i badaniami geolo-

Tabela 1. Elementy i cechy strukturalne górotworu (Majcherczyk, 2000)

Skala analizy	Elementy struktury		Cechy strukturalne		
	nazwa	rozmiar [m]	ciągłość	jednorodność	izotropia
ultra – mikroskopowa	atom pierwiastka	10^{-10}	nieciągły	–	-
mikroskopowa mezoskopowa	ziarno mineralne próbka skalna	$10^{-6} \div 10^{-1}$	ciągłe defekty sieci krystalicznej	statystycznie jednorodne	anizotropowe
		$10^{-2} \div 10^{-1}$	ciągła, mikrospeknięcia, mikroszczeliny	niejednorodna	izotropowa
		$10^{-1} \div 10^1$	ciągła, speknięcia, pory, szczeliny	statystycznie jednorodna	quasi izotropowa
makroskopowa	złożo skalne	$10^{-1} \div 10^2$	ciągłe makrospeknięcia, makroszczeliny	statystycznie jednorodne	anizotropowe
megaskopowa	masyw skalny	$10^2 \div 10^4$	ciągły, megaspeknięcia, megaszczeliny, kawerny	niejednorodny	anizotropowy

gicznymi, robotami górniczymi udostępniającymi złoża oraz robotami przygotowawczymi.

Warunki i zasady poszukiwania oraz wydobywania kopalin użytecznych, znajdujących się w złożach naturalnych określa ustawa *Prawo geologiczne i górnicze* (Dz.U. z 4 lutego 1994 r., Nr 27, poz. 96). Stanowi ona zespół przepisów prawnych określających zasady i warunki wydobywania kopalin znajdujących się w złożach naturalnych (częściowo omówiona w rozdziale: „Elementy polskiego ustawodawstwa – *Prawo geologiczne i górnicze*”).

Niezależnie od stosowanej techniki eksploatacyjnej złoża, całokształt działalności górniczej dzieli się na etapy:

- Poszukiwanie i rozpoznawanie złoża.
- Wykonywanie stosownej dokumentacji geologicznej, hydrologicznej, hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej,
- Eksploatacja złoża.
- Likwidacja wyrobisk i kopalni.
- Przeróbka i wzbogacanie wydobytej kopaliny.

Badania geologiczne określają jakość i ilość kopaliny w złożu, jego formę, miąższość, głębokość zalegania, zawodnienie oraz rodzaj otaczających je skał. Ponadto, badania geologiczne umożliwiają ustalenie opłacalności eksploatacji złoża, sposobów wybierania kopaliny i jej wzbogacania oraz zdolności produkcyjnej kopalni.

Do właściwego prowadzenia prac górniczych, na każdym z wymienionych etapów konieczna jest znajomość własności fizycznych górotworu i procesów fizycznych, jakie przebiegają w skałach pod wpływem różnych oddziaływań zewnętrznych.

Wszelkie prace geologiczne obejmujące roboty i badania geologiczne mogą być wykonane tylko na podstawie projektu prac geologicznych (art. 32, ust.1 ustawy PGG).

1.2. Obszar i teren górniczy

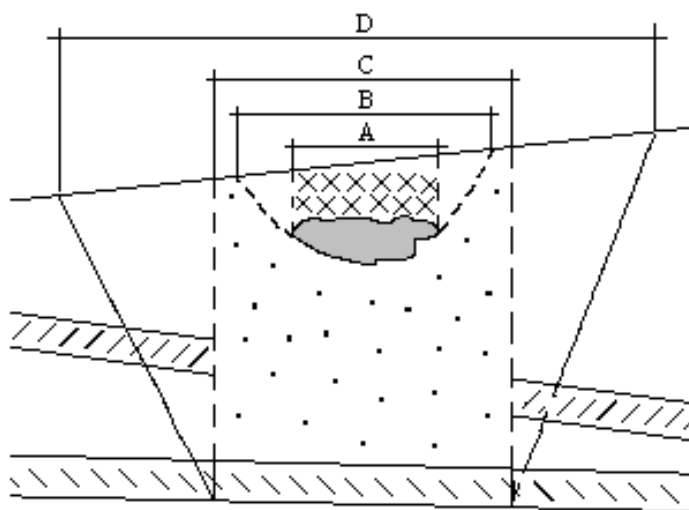
Wyczerpywanie się pokładów płytko zalegających wywołuje potrzebę sięgania do pokładów, które zalegają coraz głębiej – sięgających nawet poniżej 1 500 m. Prowadzi to do ustawicznego zwiększania powierzchni obszarów i terenów górniczych podlegających wpływom eksploatacji górniczej.

Przedsiębiorstwo górnicze może wydobywać kopaliny jedynie w granicach przestrzennych obszaru górniczego, wyznaczonego dla danej kopaliny. *Prawo geologiczne i górnicze* określa **obszar górniczy** (art. 51 i 52), jako przestrzeń wyznaczoną dla każdej kopaliny osobno. W jej granicach przedsiębiorca górniczy uprawniony jest do wydobywania teje kopaliny, chociażby złoża różnych kopalin występowały w bezpośrednim sąsiedztwie. Obszar górniczy może obejmować część złoża, jeśli nie zagraża to prawidłowemu wykorzystaniu złoża. **Granicami obszaru górniczego** są linie na powierzchni terenu i przechodzące przez nie powierzchnie pionowe, sięgające do głębokości złoża.

Rejestr obszarów górniczych, dla wyznaczenia których podstawą jest dokumentacja geologiczna, prowadzi minister ochrony środowiska.

Dla danego obszaru górniczego określa się **zasięg wpływów eksploatacji** złoża kopaliny na powierzchnię (Schemat 1). Ponieważ na obszarze górniczym eksploatacja złoża trwa przez dłuższy czas, wpływy eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu określa się – ze względów praktycznych – dla pojedynczego pokładu, a nawet dla jednej warstwy pokładu o większej miąższości. W planach wieloletnich eksploatacji górniczej uwzględnia się wpływy eksploatacji kilku pokładów, odpowiednio do planów ruchu kopalni oraz do okresów planowania gospodarczego. Zniesienie obszaru górniczego następuje dopiero po zakończeniu rekultywacji terenów górniczych (Ledwoń, 1983).

Teren górniczy (art. 53 ustawy PGG) obejmuje ogół nieruchomości lub ich części składowych, objętych granicami jednego lub kilku obszarów górniczych i zasięgiem wpływów eksploatacji złóż na powierzchnię w tych obszarach górniczych. Teren górniczy jest tą częścią składową środowiska naturalnego, dla którego sporządza się **miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego** obszaru funkcjonalnego. Prawidłowo sporządzony plan powinien zapewniać spójność wszelkich działań w granicach terenu górniczego, aby zapewnić bezpieczeństwo powierzchni terenu wraz z obiektami budowlanymi, ochronę środowiska, a przy tym by można było wykonać zadania zaakceptowane koncesją. Jednym z elementów planu przestrzennego terenu górniczego jest filar ochronny, w granicach którego, ze względu na ochronę dóbr, wydobywanie kopaliny nie może być prowadzone lub może być dozwolone jeśli zachowane będą odpowiednie środki bezpieczeństwa.



Schemat 1. Obszar górniczy – przekrój pionowy (Knothe, 1984)

A – granica obszaru złoża kopaliny I; B – zasięg wpływów eksploatacji kopaliny I;
C – granica obszaru złoża kopaliny II

1.3. Szkada górnicza

Szkoda górnicza powstaje wskutek robót górniczych w budowlu, budynku lub innej części składowej nieruchomości, bez względu na to, czy można ją było przewidzieć oraz czy ktokolwiek ponosi winę za jej wystąpienie (uszkodzenia). Szkoda może powstać, ale dopóki nie zostanie usunięta (naprawiona), nie można wykorzystywać obiektu, szczególnie jeśli chodzi o budownictwo. Przedsiębiorstwo górnicze odpowiada za szkody powstałe na powierzchni ziemi wskutek prowadzonych robót górniczych. Odpowiedzialność ta dotyczy zarówno szkód powstałych podczas realizacji ustaleń planu ruchu zakładu górniczego, jak i szkód z innych przyczyn. W tych sprawach orzekają komisje do spraw szkód górniczych.

Naprawa szkód polega na przywróceniu terenu do stanu sprzed wystąpienia szkody. Proces ten może wymagać dostarczenia gruntów, obiektów budowlanych, urządzeń, lokali, wody lub innych dóbr tego samego rodzaju, jakie uległy zniszczeniu. Postępowanie w tym zakresie reguluje *Prawo geologiczne i górnicze*, Dział V „Stosunki sąsiedzkie i odpowiedzialność za szkody”.

1.4. Plany i projekty zagospodarowania złoża

Dla terenu górniczego sporządza się miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego obszaru funkcjonalnego. Plan ten integruje wszelkie działania podejmowane w granicach terenu górniczego w celu wykonania uprawnień określonych koncesją, zapewnienia bezpieczeństwa powszechnego w granicach terenu górniczego, ochrony środowiska, w tym obiektów budowlanych, wyznaczenia filaru ochronnego w granicach którego, ze względu na ochronę oznaczonych dóbr, wydobywanie kopaliny nie może być prowadzone albo może być dozwolone tylko w sposób zapewniający ochronę tych dóbr.

Ochrona terenów górniczych ma na celu zapobieganie powstawaniu szkód w środowisku, obiektach i urządzeniach posadowionych na tych terenach przez stosowanie w terminie technicznie możliwym i gospodarczo uzasadnionym odpowiedniej profilaktyki oraz naprawiania szkód, którym nie udało się zapobiec. Ochrona obejmuje również rekultywację terenów górniczych.

Ochrona terenów górniczych obejmuje między innymi budowle naziemne i podziemne, budynki lub inne części składowe nieruchomości wraz z przynależnościami, urządzenia służące do doprowadzania lub odprowadzania wody, gazu, prądu elektrycznego, linie kolejowe i drogowe oraz wiele innych urządzeń połączonych z nieruchomością. Obejmuje także ochronę kopaliny, w tym kopaliny towarzyszących, współwystępujących i pierwiastków śladowych występujących w złożu, poprzez racjonalne ich wykorzystanie.

Ochronę terenu nadzoruje przedsiębiorca górniczy prowadzący eksploatację złoża kopaliny w granicach obszaru górniczego. W tym celu przed przystąpieniem do wydobywania kopaliny przedsiębiorca sporządza **projekt zagospodarowania złoża** (zgodnie z dokumentacją geologiczną oraz z warunkami określonymi w koncesji i na mocy art. 54, 55 i 56 ustawy PGG). Projekt podlega zatwierdzeniu przez odpowiedni organ koncesyjny. Projekt zagospodarowania złoża ob-

szeru funkcjonalnego musi być sporządzony zgodnie z planem zagospodarowania przestrzennego (gminy lub gmin) terenu, na którym prowadzona jest działalność górnicza i stanowić musi ich element składowy w tzw. „Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego”. Projekt zagospodarowania złoża powinien zapewniać:

- ochronę złóż kopalin, w tym kopalin towarzyszących i pierwiastków śladowych występujących w złożu, zwłaszcza przez ich kompleksowe i racjonalne wykorzystanie,
- stosowanie technologii eksploatacji ograniczających ujemny wpływ na środowisko.

1.5. Budowa zakładu górniczego

Wydobywanie kopaliny ze złoża wymaga zapewnienia odpowiedniej infrastruktury inżynieryjno-technicznej. W tym celu na terenie górnicznym buduje się zakład górniczny, który w zależności od techniki eksploatacyjnej zawierać może takie elementy składowe, jak (art. 58 ustawy PGG):

- budynki: maszyn wyciągowych, naszybia, stacje odmetanowania, stacje wentylatorów;
- ujęcia wód leczniczych, termalnych i solanek;
- szybowe wieże wyciągowe;
- urządzenia odwiertów na powierzchni oraz rurociągi związane z ruchem zakładu górniczego;
- urządzenia podsadzkowe;
- składy materiałów wybuchowych;
- obiekty i urządzenia służące wydobywaniu kopaliny metodą odkrywkową lub otworów wiertniczych;
- obiekty i urządzenia przeróbcze.

Każdy etap projektowania, budowy, utrzymania i rozbiórki wymienionych obiektów budowlanych zakładu górniczego powinien odbywać się zgodnie z przepisami *Prawa budowlanego*.

1.6. Plan ruchu zakładu górniczego

Przedsiębiorca górniczny sporządza **plan ruchu zakładu górniczego** (Rozdział 4 ustawy PGG). Sporządzony jest on zgodnie z warunkami koncesji, projektu zagospodarowania złoża, miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego i z zasadami techniki górnicznej. Określa on przedsięwzięcia niezbędne do zapewnienia prawidłowej i racjonalnej gospodarki złożem, ochrony środowiska wraz z obiektami budowlanymi oraz działania konieczne do zapobiegania szkodom i pozwalające je naprawić. Jego podstawowe cele to: zapewnienie bezpieczeństwa powszechnego, pożarowego, pracy pracowników zakładu górniczego wraz z ochroną obiektów budowlanych i środowiska, zapobieganie szkodom i ich naprawa, a także likwidacja zakładu górniczego. Ponadto plan ruchu zakładu górniczego ma zapewnić prawidłową i racjonalną eksploatację złożem.

W razie wystąpienia któregokolwiek z wymienionych czynników niebezpiecznych – ruch zakładu górniczego zostaje wstrzymany w całości lub w części, do czasu usunięcia zagrożenia. Zmiana planu ruchu zakładu górniczego następuje każdorazowo w przypadku zmiany naturalnych lub technicznych warunków wydobywania kopalini.

W miarę postępu robót górniczych uzupełnieniu ulega dokumentacja mierniczo-geologiczna, sporządzana w celu określenia zasobów złoża oraz rozpoznania jego budowy geologiczno-hydrologicznej z uwzględnieniem bilansowości zasobów złóż kopalini.

1.7. Likwidacja zakładu górniczego

Gdy dochodzi do **likwidacji zakładu górniczego** (Rozdział 5 ustawy PGG) podejmuje się kroki w celu zabezpieczenia lub zlikwidowania wyrobiska górniczego oraz obiektów i urządzeń zakładu; zabezpieczenia nie wykorzystanej części złoża kopalini; zabezpieczenia sąsiednich złóż kopalini; podjęcia niezbędnych środków chroniących wyrobiska sąsiednich zakładów górniczych; podjęcia niezbędnych środków w celu ochrony pozostałych elementów środowiska przyrodniczego. Likwidacja odbywa się zgodnie z zapisami ruchu zakładu górniczego.

1.8. Wybieranie kopalini użytecznej

Górnicza eksploatacja złoża stałych kopalini użytecznych opiera się na procesie **wybierania złoża kopalini użytecznej**. Wybieranie kopalini użytecznej obejmuje następujące kolejno etapy: urabiania kopalini, ładowania jej i transportu urobku górniczego, obudowywania wyrobiska, likwidowania wyrobiska.

W zależności od rodzaju wydobywanego surowca użytecznego oraz rodzaju skał otaczających złożo, rodzaju samego złoża, jego lokalizacji, miąższości, możliwości dostępu wód podziemnych lub gazów, czy zawartości gazów w złożu, stosuje się różne systemy jego wybierania.

W górnictwie podziemnym, w kopalniach węgla, najbardziej rozpowszechnioną techniką wybierania kopalini użytecznej jest **system ścianowy**. Polega on na wybieraniu kopalini za pomocą ścian. Ściana to wyrobisko wybierkowe o znacznej długości przodka, około $60 \div 400$ m, ograniczone po bokach chodnikami. Technika ta służy do masowego wybierania kopalini ze złoża, a jej zaletą jest to, że nie wymaga wielu robót przygotowawczych.

W kopalniach odkrywkowych wybieranie kopalini użytecznej prowadzi się jedną lub dwiema ścianami, o długości około $20 \div 2\,000$ m i wysokości około $2 \div 40$ m. Ściany są eksploatowane jednym lub wieloma poziomami.

Kopalini użyteczne ciekłe i gazowe eksploatuje się za pomocą odwiertów. Metody wiertnicze stosuje się także do wydobywania niektórych kopalini stałych, gdy warunki hydrogeologiczne umożliwiają wybieranie kopalini użytecznej sposobem podziemnym lub odkrywkowym. Ma to miejsce w takich przypadkach, jak na przykład metoda podziemnego wytapiania siarki lub wydobywania soli.

Bardziej szczegółowa charakterystyka metod wydobycia kopalin użytecznych omówiona jest w dalszych rozdziałach odnoszących się do odpowiedniego działu górnictwa.

Przy wszystkich możliwych systemach podziemnego wybierania kopaliny użytecznej do likwidacji zrobów stosuje się zawał wyrobiska oraz podsadzanie.

Transport górniczy

Pozyskanie urobku górniczego wiąże się z pracą ludzi oraz różnego rodzaju maszyn i urządzeń. Ponadto, pozyskany w wyniku prac górniczych eksploatacyjnych urobek musi zostać dostarczony do odbiorcy. Do transportu urobku służą górnicze metody przemieszczania urobku, materiałów i urządzeń oraz ludzi po wyrobiskach górniczych. Górnicze metody przemieszczania po wyrobiskach górniczych tworzą **transport górniczy**.

Transport górniczy urobku opiera się na następujących sposobach:

- **Odstawa**, czyli przemieszczanie urobku z przodka do chodnika przewozowego za pomocą zsydni, zsuwni, przenośników, zgarniarek itp.
- **Przewóz**, który oparty jest na przewożeniu urobku za pomocą kołowych środków transportu, jak wozy kopalniane ciągnięte elektrowozami, lokomotywami itp.
- **Ciągnięcie**, rozumiane jako transport urobku z kopalni na powierzchnię w kłatkach szybowych lub skipach (wyciągach), za pomocą maszyn wyciągowych.

Transport górniczy ludzi, maszyn, urządzeń i innych stosowanych przy eksploatacji materiałów następuje przy zastosowaniu klatek szybowych, a następnie specjalnymi wozami rozwozi się ludzi i maszyny do pokładów wydobywczych kopalni.

1.9. Zmiana właściwości fizyko-mechanicznych skał na przykładzie wyrobiska górniczego

Eksploatacja kopalin jest fizyczną ingerencją w struktury górotworu, która prowadzi do naruszenia stabilnych warunków dynamicznych panujących w pierwotnym masywie skalnym. Ingerencja ta wywołuje mniej lub bardziej zauważalne skutki fizyczno-mechaniczne, a także chemiczne. Ich wielkość zależy od zastosowanej metody eksploatacyjnej, technik wydobycia, głębokości zalegania złoża i wielu innych czynników. W górotworze nienaruszonym przez eksploatację górniczą panuje stan równowagi, co znaczy, że siły działające między poszczególnymi cząstkami skały nawzajem się równoważą. Stan naprężenia w takim górotworze, wywołany ciśnieniem warstw nadległych nosi nazwę **ciśnienia górotworu**. Wykonanie wyrobiska powoduje zachwianie tego stanu, określanego jako **pierwotny**. Skały wypełniające przedtem wyrobisko nie przyjmują już ciśnienia warstw nadległych. Powoduje to zwiększenie ciśnienia na skały otaczające i wyrobisko. Gdy wytrzymałość skał jest mniejsza od działających na nie sił, skały zwięzłe pękają, skały plastyczne, na przykład łożupki, odkształcają się (wyginają). Procesy te prowadzą do zagniecenia lub zawału wyrobiska.

Wymienione efekty działalności górniczej wymagają przed rozpoczęciem eksploatacyjnych prac górniczych, przeprowadzania szeregu badań geologicznych, hydrogeologicznych, hydrologicznych, mechanicznych i geofizycznych, których analiza i przedstawione wnioski oraz symulacje zmniejszą wpływ ewentualnych zagrożeń dla środowiska i pracujących w górnictwie ludzi.

Klasyfikację własności fizycznych skał i najczęściej stosowanych parametrów fizycznych przedstawia Tabela 2. Tabela 3 ilustruje podstawowe własności fizyczne i parametry skał.

Fizyczne własności skał i gruntów

Badając środowisko geologiczne złoża kopaliny, należy określić właściwości mechaniczne i fizyczne skał otaczających. Podstawowe własności fizyczne bada się dwójako: w warunkach polowych, jako wstępne określenie rodzaju skały i jej podstawowych cech fizycznych oraz w warunkach laboratoryjnych, w celu określenia ciężaru właściwego, gęstości, porowatości, przepuszczalności i wilgotności.

Mechaniczne własności skał i gruntów

Mechaniczne własności skał uwarunkowane są wewnętrzną budową skały, która przejawia się w procesach oddziaływania na skałę sił zewnętrznych. Proces zmiany wymiarów lub kształtów pewnego wybranego elementu skały (stanowiącego próbkę), pod działaniem sił zewnętrznych, określa się jako **odkształcenie (ϵ)**.

Odształcenie może być **odwracalne**, czyli sprężyste, lub **nieodwracalne**, czyli plastyczne. Odształcenie może mieć miejsce przy ściskaniu, rozciąganiu i ścinaniu skał. W wyniku działania sił zewnętrznych mogą się zmieniać nie tylko liniowe wymiary i kształt próbki (jako odkształcenie), ale także jej objętość.

Opór skały na odkształcenie w pewnym określonym (rozpatrywanym) przekroju próbki nazywa się **naprężeniem** w danym przekroju. Naprężenie jest miarą sił wewnętrznych, występujących w ciele stałym w rezultacie działania przyłożonych sił zewnętrznych lub innych czynników dążących do odkształcenia ciała.

Każde naprężenie można rozłożyć na dwie składowe: na prostopadłą do płaszczyzny przekroju zwaną **naprężeniem normalnym** oraz na drugą składową działającą w płaszczyźnie przekroju zwaną **naprężeniem stycznym**.

Wartości naprężenia nie można zmierzyć bezpośrednio, można jedynie określić skutki jego działania: zmiany wymiarów ciała, zmiany własności elektrycznych i magnetycznych, przepuszczalności, na podstawie których oblicza się wartość naprężenia. Jeżeli siły zewnętrzne działają na skałę tylko w kierunku jednej osi to wywołują w niej **jednoosiowy stan naprężenia**, a siły działające w dwóch kierunkach wywołują **płaski stan naprężenia**. Działanie sił w trzech kierunkach prowadzi do **trójosiowego (ogólnego) stanu naprężenia** skały, który w przypadku jednakowych wartości wszystkich sił nazywa się geostatycznym.

W nienaruszonym masywie skalnym występują **naprężenia naturalne**, czyli pierwotne. Zależą one przede wszystkim od **sił ciężkości oraz sił tektonicznych**, czyli tak zwanego efektu sklepienia, ciśnienia płynów złożowych itp.

Tabela 2. Klasyfikacja własności fizycznych skał i najczęściej stosowanych parametrów fizycznych (Majcherczyk, 2000)

Grupa własności	Podgrupa własności	Parametry fizyczne	Oznaczenie	Jednostka miary
Strukturalne	-	Gęstość właściwa	ρ_0	kg/m ³
		Gęstość objętościowa	ρ	kg/m ³
		Ciężar właściwy	γ_0	N/m ³
		Ciężar objętościowy	γ	N/m ³
		Porowatość	P	%
		Wskaźnik porowatości	e	-
Mechaniczne	Sprężyste (deformacyjne)	Moduł sprężystości podłużnej (Younga)	E	Pa
		Liczba Poissona	ν	-
		Moduł sprężystości postaciowej (Kirchoffa)	G	Pa
		Moduł sprężystości objętościowej	K	Pa
		Moduł jednostronnego ściskania	M	Pa
	Wytrzymałościowe	Doraźna wytrzymałość na ściskanie	R_c	Pa
		Doraźna wytrzymałość na rozciąganie	R_t	Pa
		Doraźna wytrzymałość na ścinanie	R_s	Pa
		Spójność	c	Pa
		Kąt tarcia wewnętrznego	ϕ	stopień
	Plastyczne	Wskaźnik plastyczności	J_p	%
		Moduł deformacji	E_{def}	Pa
	Reologiczne	Parametry pełzania	ν, δ	-
		Czas relaksacji	τ	s
		Granica długotrwałej wytrzymałości	σ_z	Pa
	Termiczne	Przewodnictwo	Współczynnik przewodzenia ciepła	λ
Współczynnik przewodzenia temperatury			a	m ² /s
Absorpcja		Ciepłna pojemność właściwa	C_w	J/(kg · K)
Oddziaływanie		Ciepło spalania	Q_s	J/kg
		Współczynnik cieplnej rozszerzalności liniowej	β	1/K
	Temperatura fazowych przekształceń	T_f	K	

Jeśli w czasie odkształcenia powstałe naprężenia doprowadzą do zerwania sił wewnętrznych, to skała ulega zniszczeniu. Zniszczenie nazywa się **kruchym**, jeśli nieodwracalne odkształcenie, poprzedzające zniszczenie, praktycznie nie ma miejsca. Zniszczenie **plastyczne** jest fazą pośrednią, która charakteryzuje się znacznym nieodwracalnym odkształceniem, poprzedzającym zniszczenie i wyraźnie widoczną powierzchnią zniszczenia.

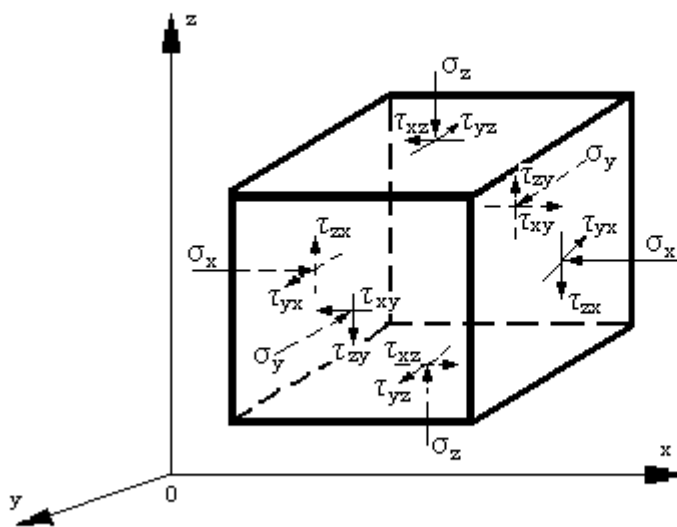
Zdolność skały do stawiania oporu na zniszczenie w wyniku działania sił zewnętrznych nazywa się *wytrzymałością*. Wytrzymałość skał charakteryzuje się wielkością naprężeń granicznych, które mogą być wywołane w „niebezpiecznym” przekroju. Można więc powiedzieć, że wytrzymałością skały nazywa się graniczną wartość oporu stawianego siłom zewnętrznym przez siły wewnętrzne tej skały.

Po przekroczeniu wytrzymałości skały następuje jej zniszczenie. Ponieważ lokalną miarą sił wewnętrznych jest naprężenie, stąd wytrzymałość skały jest określana wartością naprężenia, przy którym następuje jej *zniszczenie* (w wyniku prowadzonych eksperymentów ustalono, że kryształki ziaren tworzące skałę drobnoziarnistą mają większą wytrzymałość od skał gruboziarnistych).

Wewnętrzny stan naprężenia w nienaruszonym górotworze

Jednym z czynników wpływających na naprężenia w nienaruszonym masywie skalnym są naturalne siły ciężkości.

Jeżeli wydzielimy z ciała znajdującego się w stanie naprężenia elementarny sześciąt, to w ogólnym przypadku, na każdej jego powierzchni można wyróżnić po trzy wektory: jeden normalny i dwa styczne wzajemnie prostopadłe do siebie. W danym



Schemat 2. Składowe stanu naprężenia w prostokątnym układzie współrzędnych (Majcherczyk, 2000)

Tabela 3. Podstawowe własności fizyczne i parametry skał (Majcherczyk, 2000)

Własności	Parametry	Oznaczenie	Jednostka miary	Określenie	Zakres zmienności
Strukturalne	Gęstość objętościowa	ρ	kg/m ³	Stosunek masy fazy stałej wraz z zawartymi w niej porami do jej objętości	$(1,5 \div 3,0) \cdot 10^3$
	Porowatość	P	%	Stosunek objętości porów w próbce skały do objętości całej próbki	1,5 ÷ 30
Mechaniczne	Wytrzymałość doraźna na ściskanie	R_c	Pa	Krytyczna wartość jednoosiowego ścisającego naprężenia, przy którym nastąpi zniszczenie skały	$10^7 \div 3 \cdot 10^8$
	Wytrzymałość doraźna na rozciąganie	R_r	Pa	Krytyczna wartość jednoosiowego rozciągającego naprężenia, przy którym nastąpi zniszczenie skały	$0 \div 2 \cdot 10^7$
	Moduł sprężystości podłużnej (Younga)	E	Pa	Współczynnik proporcjonalności między wielkością naprężeń normalnych a odkształceniem względnym, występującym wzdłuż próbki	$10^9 \div 3 \cdot 10^{11}$
	Liczba Poissona	ν	-	Współczynnik proporcjonalności między względnymi odkształceniami poprzecznymi oraz względnymi odkształceniami wzdłużnymi	0,1 ÷ 0,45
Termiczne	Współczynnik przewodzenia ciepła	λ	W/(m · K)	Ilość ciepła przechodzącego w jednostce czasu w kierunku prostopadłym do danego przekroju, przy gradiencie temp. równym 1 K/m	0,2 ÷ 12
	Ciepłota pojemności właściwa	C_w	J/(kg · K)	Ilość ciepła potrzebna do podwyższenia temperatury jednostki masy skały o jeden stopień	$(0,5 \div 1,5) \cdot 10^3$
	Współczynnik cieplnej rozszerzalności liniowej	β	1/K	Względna zmiana wymiarów liniowych skały, przy podgrzaniu jej o jeden stopień	$2 \cdot 10^{-6} \div 10^{-4}$
Elektromagnetyczne	Elektryczny opór właściwy	ρ_E	$\Omega \cdot m$	Wielkość odwrotna do natężenia prądu elektrycznego 1 A przechodzącego przez 1 m ² powierzchni próbki, przy natężeniu pola elektrycznego w próbce równym 1 V/m	$10^{-3} \div 10^8$
	Przenikalność elektryczna względna	ϵ	-	Współczynnik wskazujący o ile zmniejszy się natężenie pola elektrycznego po umieszczeniu w nim skały	2 ÷ 30
	Przenikalność magnetyczna	μ	-	Współczynnik wskazujący ile razy zmieni się indukcja magnetyczna pola po umieszczeniu w nim próbki, w porównaniu z polem magnetycznym w próżni	0,9998 ÷ 6,5

punkcie górotworu stan naprężenia jest opisany przez trzy składowe *naprężeń normalnych* ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$) oraz sześć składowych *naprężeń stycznych* ($\tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yx}, \tau_{yz}, \tau_{zx}, \tau_{zy}$) (Schemat 2).

Naprężenie pionowe (σ_z) w dowolnym punkcie masywu skalnego wywołane siłami ciężkości wynosi:

$$\sigma_z = \gamma_0 \cdot h \quad [\text{Pa}]$$

gdzie

σ_z – naprężenie ściskające o znaku dodatnim, N/m²,

γ_0 – ciężar objętościowy masywu skalnego, N/m³,

h – wysokość słupa masywu skalnego powyżej elementarnego sześcianu o krawędziach równych 1 m.

Jeśli założy się, że masyw skalny wykazuje własności sprężyste (tzn. jest ośrodkiem liniowosprężystym), to wielkość **odkształcenia względnego** (ε) jest wprost proporcjonalna do naprężenia normalnego (σ) – zgodnie z prawem Hooke'a (wielkość odkształceń sprężystych jest wprost proporcjonalna do wielkości sił odkształcających):

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

gdzie:

E – moduł Younga (naprężenie) odkształcenia wzdłużnego przy rozciąganiu lub ścisnieniu, N/m².

Naprężenia poziome (σ_x, σ_y) określone z uogólnionego prawa Hooke'a mają postać:

$$E \cdot \varepsilon_x = \sigma_x - \nu (\sigma_x - \sigma_y)$$

gdzie:

V – objętość próbki elementu skalnego, m³,

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ – składowe naprężenia normalnego, działające w odpowiednim przekroju, N/m²

W nienaruszonym masywie skalnym: $\varepsilon_x = 0 \quad \sigma_x = \sigma_y$

$$\text{więc: } \sigma_x = \sigma_y = \frac{\nu \cdot \sigma_z}{1 - \nu}$$

$$\text{Ponieważ: } \sigma_x = \frac{1}{m - 1} \cdot \sigma_z$$

gdzie: m – odwrotność liczby Poissona, ($m=1/\nu$),

Uwzględniając wzór: $\sigma_z = \gamma_0 \cdot h$ otrzymuje się:

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\gamma_0 \cdot h}{m - 1}$$

Przy powyższych założeniach naprężenia styczne do ścian elementarnego sześciangu nie występują, a więc naprężenia normalne do tych ścian będą naprężeniami głównymi:

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_2 = \sigma_3 \quad \text{i} \quad \sigma_z = \sigma_1$$

Wielkość naprężeń normalnych (naturalnych) zależy od (γ_0) i (h) oraz liczby (m), która jest funkcją naprężenia. Przy małych naprężeniach wartości (m) są duże. W miarę wzrostu naprężenia wartości (m) maleją i zbliżają się asymptotycznie do $m = 2$.

Ze wzoru:
$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\gamma_0 \cdot h}{m - 1}$$

wynika, że na małych głębokościach stan naprężenia w masywie skalnym zbliżony jest do stanu jednoosiowego ($\sigma_x = \sigma_y$). Przyjmuje się, że wynosi od 10 do 20% (σ_z). Na dużych głębokościach stan naprężenia w masywie skalnym zaś zbliża się do stanu hydrostatycznego ($\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z$).

Drugim czynnikiem wpływającym na naprężenia naturalne w masywie skalnym są siły tektoniczne. Najczęściej kierunek działania tych sił jest poziomy i powoduje zwiększanie (w synklinach) lub zmniejszanie (w antyklinach) naprężeń (σ_x) i (σ_z). W pewnych przypadkach w wyniku działania sił tektonicznych naprężenia (σ_x) mogą być większe od (σ_z).

Duża liczba czynników wpływających na rozkład naprężeń w masywie skalnym powoduje, że trudne jest ściśle określenie wpływu każdego z nich oddzielnie.

Zniszczenie skały

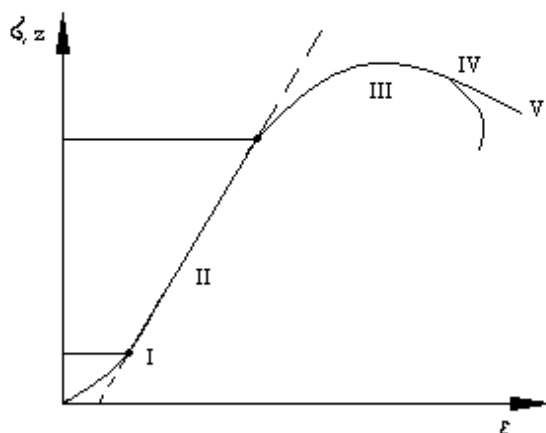
Sprężyste własności skał obserwuje się w zakresie bardzo małych odkształceń. Dalsze odkształcanie prowadzi zazwyczaj do kruchego zniszczenia skały lub utraty proporcjonalności pomiędzy naprężeniami i odkształceniami, a także do przejawienia własności plastycznych. W zależności od własności mechanicznych, przejawiających się w procesie odkształcenia i niszczenia, skały dzieli się na odpowiednie grupy.

W zależności od postaci funkcji naprężenia od odkształcenia można wyróżnić skały:

- **kruche:** odkształcające się w sposób sprężysty aż do momentu zniszczenia;
- **idealnie plastyczne:** charakteryzujące się wzrostem odkształcenia przy stałym prężeniu, jeśli naprężenia przekraczają granicę plastyczności (σ_p);
- **o rosnącej wytrzymałości:** charakteryzujące się zmianą postaci zależności naprężeń od odkształcenia w obszarze odkształceń, w którym naprężenia przekraczają granicę plastyczności (σ_p).

Zniszczenie skały jest procesem bardzo złożonym, a jego przebieg zależy od: rodzaju stanu naprężenia, prędkości narastania obciążenia, czasu trwania obciążenia, struktury wewnętrznej skały, a głównie od rodzaju miejsc osłabionych (defektów struktury) oraz od temperatury.

W miarę powiększania obciążenia masywu skalnego można rozróżnić fazy odkształceń (przemieszczeń), wynikające z zależności odkształceń od obciążeń, co ilustruje Schemat 3:



Schemat 3. Wykres zależności obciążenie – odkształcenie (Majcherczyk, 2000; zmienione)

- I. Odkształcenia w dużym stopniu nieodwracalne, związane z procesem zaciskania się spękań.
- II. Odkształcenia odwracalne (sprężyste i lepko-sprężyste).
- III. Odkształcenia częściowo sprężyste, lepko-sprężyste i plastyczne (nieodwracalne), powstają spękania i przemieszczenia w mikrostrukturze, a następnie w makrostrukturze, wreszcie stopniowa utrata ciągłości ośrodka.
- IV. Odkształcenia i przemieszczenia związane z mniej lub bardziej wyraźnym procesem niszczenia ośrodka.
- V. Przemieszczenia powstające już po przekroczeniu granicy zniszczenia ośrodka.

1.10. Podział skał w zależności od własności mechanicznych

Zachowanie się masywu skalnego w głównej mierze zależy od rodzaju skał występujących w danym przekroju geologicznym. W geotechnologii klasyfikacja skał jest jednym z niezbędnych warunków szeregujących skały względem ich odporności na wpływy górnicze. **Odporność** górotworu jest zdolnością skał otaczających wyrobisko górnicze do utrzymania się w stanie pierwotnym, bez przemieszczeń i deformacji.

Wytrzymałość skał waha się w szerokim przedziale. Poniższa tabela ilustruje podział według A. Moos'a i F. QueNain'a, którzy dzielą skały na pięć kategorii według wytrzymałości na ściskanie – Tabela 4.

Innym wskaźnikiem mechanicznych własności skał jest ich twardość, określana jako wytrzymałość warstw skały na miejscowe działanie siły. Jedną z metod podziału skał według twardości jest klasyfikacja zaproponowana przez L.A. Szreinerera (Tabela 5). Dzieli on skały na grupy i każdą z grup na kategorie, co w efekcie daje dwanaście kategorii skał. W metodzie tej oznacza się tak zwaną **twardość statyczną**, gdy obciążenie skały wzrasta w sposób powolny od wartości zero do maksymalnej, przy której następuje jej zniszczenie.

Opór skały przeciw siłom zewnętrznym (przeciw jej rozdzieleniu na części niezależnie od stosowanych technologii i technik urabiania) określa się jako **zwięzłość** skały. Według wskaźnika zwięzłości klasyfikację skał na 10 kategorii przedstawił M.M. Protodiakonow, Tabela 6.

1.11. Wpływ działalności górniczej na procesy fizyczne zachodzące w górotworze

W nienaruszonym działalnością górniczą masywie skalnym surowce mineralne rozmieszczone są w naturalnie określonym porządku przestrzennym. W przestrzeni skalnej przebiegają różne naturalne procesy fizyczne. Do naturalnych procesów fizycznych należą: przepływ ciepła z głębi litosfery do jej powierzchni, migracja (przepływ) wód wgłębnych, powolne wielowiekowe ruchy mas skalnych, ruchy górotwórcze, nagłe uwalnianie energii mechanicznej objawiające się trzęsieniem ziemi, wyładowania sejsmiczne, wybuchy wulkaniczne podziemne, podmorskie, podoceaniczne i powierzchniowe oraz wiele innych zjawisk.

W wyniku naruszenia masywów skalnych zostaje zakłócona równowaga dynamiczna górotworu, a z jej naruszeniem wiąże się wystąpienie różnorodnych skomplikowanych procesów fizycznych.

Tabela 4. Podział skał według ich wytrzymałości na ściskanie wg A. Moos'a i F. QueNain'a (Piwniak, Dudła, Zięba, Ziąja, 1990)

Wytrzymałość [kG/m ²]		Rodzaj skały
bardzo duża	ponad 2800	bazalty, diabazy, kwarcyty, niektóre piaskowce
duża	2800÷1800	drobnoziarniste granity, dioryty, porfiry kwarcowe, bazalty, zbite wapienie, piaskowce
średnia	1800÷800	wapienie, piaskowce, średnio- i drobnoziarniste granity, gnejsy
mała	800÷400	porowate wapienie, piaskowce
bardzo mała	poniżej 400	tufy, kreda, bardzo porowate piaskowce

Tabela 5. Klasyfikacja skał według twardości p_w , KG/mm² (Piwniak, Dudła, Zięba, Ziąja, 1990)

Kategoria skały i podkategorie	Grupa		
	I	II	III
1.	10	-	-
2.	10–25	-	-
3.	25–30	-	-
4.	50–100	-	-
5.	-	100–150	-
6.	-	150–200	-
7.	-	200–300	-
8.	-	300–400	-
9.	-	-	400–500
10.	-	-	500–600
11.	-	-	600–700
12.	-	-	700

Górnicza działalność człowieka narusza naturalne procesy „życia” Ziemi, nazywane w literaturze (...) *naturalną, dynamiczną równowagą górotworu (równowaga pierwotna)* (Ryncarz, 1994). Naruszenie pierwotnej równowagi litosfery jest

Tabela 6. Klasyfikacja zwięzłości skał według M.M. Protodiakonowa (Piwniak, Dudła, Zięba, Ziąja, 1990)

Kategoria	Stopień zwięzłości (mocności skał)	Rodzaj skał	Wskaźnik zwięzłości (mocności) f	Kąt tarcia wewnętrznego $\varphi = \arctg f$ [stopnie]	Ciężar objętościowy [T/m ³]	Współczynnik rozluźniania r
I	nadzwyczaj mocne	najbardziej zwięzłe i zbite kwarcyty i bazalty oraz inne skały o wyjątkowej zwięzłości	20	87°08'	2,8–3,0	2,2
II	bardzo mocne	bardzo zwięzłe granity, porfiry kwarcowe, łupki kwarcytowe, mniej zwięzłe kwarcyty w stosunku do kat. I, najbardziej zwięzłe piaskowce i wapienie	15	86°11'	2,6–2,7	2,2
III	mocne	granity, bardzo mocne piaskowce i wapienie, żyły kwarcytowo-rudne, mocne zlepienie (konglomeraty), bardzo zwięzłe rudy żelazne	10	84°18'	2,5–2,6	2,2
III a		zwięzłe wapienie, mniej zwięzłe granity, mocne piaskowce, marmury, dolomity, piryty	8	82°53'	2,5	2,0
IV	dosyć mocne	spękane kwarcyty, zwykle piaskowce, rudy żelazne o przeciętnej zwięzłości	6	80°32'	2,4	2,0
IV a		łupki piaszczyste, piaskowce łupkowe (ilaste)	5	78°41'	2,5	2,0
V	średnio mocne	zwięzłe łupki ilaste, słabe piaskowce i wapienie, zlepienie o miękkim spoiwie	4	75°58'	2,8	2,0
V a		różne słabe łupki, zbite margle	3	71°34'	2,5	1,8
VI	dosyć miękkie	miękkie łupki, bardzo miękkie wapienie, kreda, sól kamienna, gips, zmarzły grunt, antracyt, zwykle margle, rozkruszone piaskowce, zlepienie okruczowe i otczakowe, grunty kamieniste	2	63°26'	2,4	1,6–1,7
VI a		grunty żwirowe, rozkruszone łupki, zleżale otczaki i żwir, twardy węgiel kamienny ($f = 1,4–1,8$), stwardniała glina	1,5	56°19'	1,8–2,0	1,4–1,5
VII	miękkie	zwięzłe gliny, średnio twardy węgiel kamienny ($f = 1,0–1,4$), zwięzłe warstwy nadkładowe, grunty ilaste	1,0	45°00'	1,8	1,3–1,4
VII a		miękkie piaszczyste gliny, less, żwir, miękki węgiel ($f = 0,6–1,0$)	0,8	38°40'	1,6	1,25–1,35
VIII	ziemiste	ziemia roślinna, torfy, lekka glina piaszczysta, wilgotne piaski	0,6	30°58'	1,5	1,2–1,3
IX	sypkie	piaski w osypiskach, drobne żwiry, ziemia nasypiana, zwały urobionego węgla	0,5	26°35'	1,7	1,1–1,2
X	płynne	kurzawki, grunty błotniste, rozrzedzony less i inne grunty rozmokłe ($f = 0,1–0,3$)	0,2	16°42'	1,5–1,8	1,05

przyczyną wystąpienia procesów fizycznych. Pod względem charakteru fizycznego Ryncarz (1994) dzieli je na:

- **Procesy mechaniczne:** wywołane ruchem skał w wyniku wykonania wyrobiska, o przebiegu powolnym lub szybkim, związanym z nagłym pękaniem warstw skalnych oraz wyładowaniem energii sprężystej w postaci wstrząsów i drgań górotworu, a także pękaniem i kruszeniem skał pod działaniem narzędzi urabiających lub w wyniku zastosowania materiału wybuchowego.
- **Procesy hydrauliczne:** są przyczyną dopływu cieczy (wody, wód mineralnych, ropy naftowej) do różnego rodzaju wyrobisk górniczych (otworów wiertniczych, odkrywek, wyrobisk podziemnych), lub procesu odwrotnego – wtłaczania cieczy, roztworów lub zawiesin do warstw skalnych w celu zmiany właściwości tych skał (np. dla ich wzmocnienia lub osłabienia). Powodują także dopływ gazów zawartych w porowatych skałach do wyrobisk górniczych i do otworów odgazowujących górotwór.
- **Procesy dyfuzyjno-sorpcyjne:** powodują zjawisko przenikania wilgoci ze skał do powietrza w wyrobisku lub w kierunku odwrotnym – z powietrza do skał, prowadząc najczęściej do kurczenia lub pęcznienia skał i zmiany ich właściwości mechanicznych. Innym zjawiskiem jest przenikanie i pochłanianie gazów przez pokłady węgla, czemu towarzyszy ich pęcznienie lub kurczenie przy odgazowaniu pokładów.
- **Procesy termiczne:** związane są z dopływem ciepła z głębi ziemi do wyrobisk górniczych prowadzących do ogrzania powietrza w wyrobisku. Ponadto zjawisku towarzyszy mniejsze lub większe pęcznienie i pęknięcie skał na skutek ich naturalnego lub sztucznego ogrzania, wynikające z ich rozszerzalności termicznej (tzw. termiczne urabianie skał), a także zamrażanie skał (np. wodonośnych) przy głębieniu szybów, powodujące zmianę ich właściwości mechanicznych.
- **Procesy elektryczne:** są skutkiem przepływu prądu elektrycznego przez skały w czasie badania górotworu metodą elektrooporową.

Wymienione procesy z reguły nie występują samodzielnie, lecz tworzą tak zwane **sprzężenie procesów** o różnym charakterze fizycznym. Sprzężenie procesów polega na wzajemnym oddziaływaniu między kilkoma różnymi procesami przebiegającymi w górotworze jednocześnie. Sprzężenie procesów może wywołać skutek znacznie większy niż oddziaływanie każdego z tych procesów oddzielnie. Skutkiem współwystępowania kilku procesów jednocześnie mogą być takie zjawiska, jak zmniejszenie lub zwiększenie porowatości skały, pożary podziemne, nagłe wyrzuty gazów.

Ze względu na rolę jaką pełnią procesy fizyczne występujące w działalności górniczej, dzieli się je na:

- **procesy produkcyjne:** świadomie inicjowane i wykorzystywane w górnictwie (dopływ ropy i gazu ziemnego do otworów, eksplozja materiału wybuchowego służącego do kruszenia skał, kontrolowany obwał skał stropowych w celu likwidacji wyrobiska, podziemne zgazowanie pokładu węgla i podziemne wytopienie siarki),

- **procesy towarzyszące:** wywołują zazwyczaj skutki szkodliwe w produkcji górniczej (zatapianie wyrobisk wodą dopływającą z górotworu, zanikanie źródeł wód mineralnych i zmniejszanie wydajności odwiertów ropodajnych w wyniku samoczynnej kolmatacji skał otaczających odwiert, odkształcenie powierzchni ziemi w wyniku osiadań górotworu, samozapalenie się węgla w pokładzie, nagłe wyrzuty gazów oraz skał itp.).

Badanie własności fizycznych skał i masywów skalnych, współzależności między tymi własnościami oraz procesów fizycznych w górotworze, wywołanych działalnością górniczą ma na celu zwiększenie stopnia ochrony środowiska naturalnego, stopnia wykorzystania złóż kopalin i skał towarzyszących oraz bezpieczeństwa pracy.

1.12. Zmiany wywołane wydobywaniem surowców mineralnych

Według Bolewskiego (1982): (...) *Działalność górnicza w zakresie produkcji wszystkich kopalin z wyjątkiem wody powoduje trwałe naruszenie środowiska przyrodniczego.* Szybki rozwój przemysłu wydobywczego i działalności gospodarczej doprowadziły do ogromnego technogenicznego obciążenia środowiska naturalnego i rozwoju różnych negatywnych procesów. Zmiany te dotyczą środowiska geologicznego, szczególnie gruntów, strefy aeracji podziemnej i saturacji oraz powierzchniowej hydrosfery i antroposfery.

Każdy otwór wiertniczy, odkrywka, badanie lub eksploatacja podziemna narusza i zaburza naturalne środowisko geologiczne (przyrodnicze). Zaburzenie to powoduje niekontrolowane krążenie kopalin ciekłych i gazowych pomiędzy poziomami skalnymi. Krążenie kopalin stałych następuje w mniejszym zakresie, lecz jest skutkiem tąpnięć, zapadnięć, wstrząsów, zawałów i innych niekorzystnych zjawisk. Istotnym zadaniem jest więc odpowiednie przygotowanie prac końcowych i rekultywacja terenu.

Każda kopalnia, czy podziemna, czy odkrywkowa, czy otworowa wymaga lokalizowania na określonym terenie urządzeń technicznych. Często są to obszary wyłączane na długie lata z użytkowania rolniczego i leśnego, wymagające wykonania odpowiedniej infrastruktury technicznej: dróg dojazdowych, doprowadzenia energii elektrycznej, wykonania kanalizacji wodociągowej i ściekowej, pokrycia terenu kopalni utwardzoną nawierzchnią z rozbieralnych i nieprzepuszczalnych elementów betonowych, uszczelnienia miejsc szczególnie wrażliwych i narażonych na zanieczyszczenie specjalnymi materiałami, jak geomembrany (trwałe wykładziny z polietylenu o dużej gęstości i odporne chemicznie). Teren kopalni otacza się opaską melioracyjną oraz rowem opaskowym zbierającym zanieczyszczone wody opadowe i niekolektorowane ścieki. Buduje się pomieszczenia administracyjne i socjalne dla załogi, magazyny materiałów i paliw, stawia urządzenia techniczne kopalni, buduje się kotłownię, zbiorniki naziemne i składowiska odpadów.

Grunty, na których zlokalizowana jest kopalnia, są szczególnie narażone na:

- zmianę struktury gleby w miejscu lokalizacji i prowadzenia wszelkich prac;
- długoletnie zahamowanie lokalnej wegetacji naturalnej w wyniku skażenia metalami ciężkimi, węglowodorami, detergentami i związkami organicznymi o dużej toksyczności i rozpuszczalności;

- lokalne zanieczyszczenie powierzchni ziemi różnego rodzaju substancjami, w zależności od rodzaju kopalni, a szczególnie substancjami ropopochodnymi po zużytych paliwach i środkach smarnych, metalami ciężkimi;
- zmianę warunków hydrogeologicznych górotworu, a także stosunków wodnych terenu i otoczenia kopalni w wyniku prowadzenia prac ziemnych i naruszenia naturalnego środowiska górotworu;
- lokalne skażenie wód powierzchniowych zanieczyszczeniami infiltrującymi w głąb profilu glebowego przez nieszczelności terenu, a pochodzącymi ze ścieków bytowych, z deponowanych odpadów lub w wyniku rozlania czy rozsypania chemicznych produktów i substancji;
- zamulenie wód podziemnych i powierzchniowych przez wymywanie drobnozdysspergowanej i trudno opadającej zawiesiny z odpadów;
- nadmierny pobór wody do celów technologicznych i socjalno-bytowych;
- zanieczyszczenie atmosfery w wyniku emisji spalin z silników napędowych, lokalnych kotłowni, taboru samochodowego, pochodni, w których okresowo jest spalany gaz towarzyszący ropie, emisji różnego typu pyłów kopalnianych i pochodzących ze spalania.

Szczegółnej ochrony wymagają prace górnicze prowadzone na morzach i oceanach, gdzie występuje wyjątkowo wrażliwa na zanieczyszczenie flora i fauna morska.

1.13. Wody kopalniane

Obszary górnicze, w których prowadzi się eksploatację złóż, charakteryzują się zróżnicowanymi warunkami hydrogeologicznymi i zalegania pokładów, co ma niewątpliwy wpływ na ilość i jakość wód dopływających do kopalni.

Dopływ wód do kopalń zależy od wielu czynników naturalnych i technicznych, np.: warunków hydrogeologicznych złoża, systemu eksploatacji, wielkości wydobycia, głębokości eksploatacji, powierzchni rozcięcia złoża i związanego z tym odsłonięcia warstw wodonośnych. W miarę rozwoju kopalni zwiększa się powierzchnia rozcięcia złoża, a tym samym powierzchnia odsłonięcia warstw wodonośnych na głębokość wyrobisk górniczych drenujących górotwór. W początkowej fazie rozcięcia i eksploatacji złoża wyrobiska górnicze drenują wody z zasobów statycznych. W miarę rozwoju eksploatacji zwiększa się sieć wyrobisk i spękań poeksploatacyjnych górotworu oraz poszerza się strefa aktywnej wymiany wód powodująca zmianę ich mineralizacji. Wielkość wydobycia jest pośrednio związana z wielkością dopływu wód do wyrobiska. Z rozwojem wydobycia wiąże się przyrost odsłoniętej powierzchni górotworu, stanowiącej strefę drenażu, oraz przyrost długości wyrobisk korytarzowych udostępniających i przygotowawczych.

Wody kopalniane charakteryzuje się według różnych kryteriów, z których istotna jest klasyfikacja oparta o kryterium zawartości jonów Cl^+SO_4^- . Dzieli ona wody kopalniane na cztery grupy:

- grupa I: wody pitne o zawartości jonów Cl^+SO_4^- nie przekraczającej $0,6 \text{ g/dm}^3$;
- grupa II: wody przemysłowe o zawartości Cl^+SO_4^- od $0,6$ do $1,8 \text{ g/dm}^3$;

- grupa III: wody miernie zasolone o zawartości jonów Cl^+SO_4^- od 1,8 do 42,0 g/dm^3 ;
- grupa IV: wody słone o zawartości jonów Cl^+SO_4^- powyżej 42,0 g/dm^3 .

Wody te mogą być zanieczyszczone fenolami, detergentami, dioksynami, produktami ropopochodnymi oraz bakteriami i wirusami.

Wody pitne są przeznaczane do uzdatniania na wodę pitną, do zasilania łaźni górniczych, do zasilania kotłów parowych i wodnych oraz innego zastosowania wymagającego wody o niskiej mineralizacji. Muszą one odpowiadać wymaganiom stawianym w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 4 września 2000 r. w sprawie warunków, jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze, a także woda w kąpieliskach, oraz zasad sprawowania kontroli jakości wody przez organy Inspekcji Sanitarnej (Dz.U. 2000 nr 82 poz. 937)

Wody kopalniane o mineralizacji wyższej od wody pitnej wykorzystywane są po ich rozcieńczeniu wodą z sieci komunalnej. Wody przemysłowe wykorzystuje się do obiegów chłodniczych w elektrowniach, obiegach wodnych przeróbki mechanicznej węgla, zasilania rurociągów przeciwpożarowych itd., ale po uprzednim częściowym ich uzdatnieniu – polegającym na usunięciu zawiesiny mechanicznej, np. Fe, Mn itp.

Wody kopalniane zasolone mają bardzo ograniczone możliwości wykorzystania do celów gospodarczych i najczęściej są odprowadzane bezpośrednio do cieków powierzchniowych, powodując ich zasolenie i wyłączenie z zastosowania na potrzeby gospodarcze człowieka.

Wody słone o zawartości jonów Cl^+SO_4^- powyżej 42,0 g/dm^3 nadają się do utylizacji i w związku z tym mogą stanowić źródło cennych surowców, jak sól kamienna, chlorek magnezu, jod i inne. *W 1997 roku z kopalń Nadwiślańskiej Spółki Węglowej wypompowano 87 948 tys. m^3 wody, w tym wód zasolonych (zawartość jonów Cl^+SO_4^- powyżej 1 g/dm^3 – 57 584 tys. m^3 . Ilość wody dołowej wypompowanej na powierzchnię średnio dziennie wynosi 241,1 tys. m^3 , w tym 157,8 tys. m^3 wody zasolonej. Średnio na 1 tonę wydobytego węgla przypada 4,55 m^3 wody, a w najbardziej zawodnionej kopalni „Jaworzno” – 11,91 m^3 . W skali kopalń NSW S.A. ładunek jonów Cl^+SO_4^- w wypompowanej wodzie dołowej wyniósł 2 754,5 t/dobę (TH, „Górnice Wieści”).*

Odwadnianie kopalń prowadzi do zmian hydrodynamicznych parametrów podziemnej hydrosfery. W warunkach związków hydraulicznych horyzontów wodonośnych odwodnienie kopalń sprzyja przedostawaniu się wód podziemnych do pokładów produktywnych w czasie wykonywania wyrobisk górniczych. Słabo zmineralizowane wody mieszają się w wyrobiskach górniczych z wodami zasolonymi i wspólnie są pompowane na powierzchnię. W ten sposób dochodzi do zmniejszenia zasobów wód słodkich. Pod wpływem tego procesu w warstwach wodonośnych podziemnych powstają układy lejów depresyjnych o rozmiarach rzędu kilkunastu kilometrów i głębokościach kilkudziesięciu metrów.

Lokalnie drenowane warstwy wodonośne komplikują zaopatrzenie w wodę mieszkańców tych obszarów.

Wody kopalniane gromadzone są w osadnikach, jednak wykazują one niską efektywność pracy z uwagi na występowanie wiatrów o znacznej i dominującej prędkości, które przeszkadzają w opadaniu zawieszin na dno zbiorników (Sadowinko, Pasieczny, Dudla, Zieba; 1995). Zrzut wód kopalnianych do rzek, szczególnie tych o zawartości zawiesziny przekraczającej wymagany normami poziom (koncentracja zawiesziny zmienia się w granicach $50 \div 200$ mg/l), powoduje negatywne zmiany ekologiczne w powierzchniowych ciekach wodnych. Zostaje naruszony hydrologiczny i hydrochemiczny ich stan. Zwiększa się mineralizacja wód powierzchniowych w wyniku zmiany składu chemicznego poprzez aktywne gromadzenie siarczanów i chlorków. Zauważalna jest podwyższona zawartość P, Hg i Li.

1.14. Ochrona środowiska przed skutkami górnictwa

Do podstawowych metod eksploatacji złóż należą: metody powierzchniowe, głębinowe, kamieniołomy, odkrywki lub w przypadku ropy naftowej i gazu ziemnego – odwierty. Rodzaj zmian, jakie zachodzą wokół miejsca wydobycia zależy od wydobywanego surowca i typu kopalni. Zmiany lokalne często są przyczyną zmian globalnych środowiska naturalnego. Do globalnych zmian środowiska Ziemi należą skażenia gleb i wód metalami ciężkimi, które mają wpływ na jakość przyrody dzikiej i udomowionej oraz na zdrowie człowieka. Także wykorzystanie paliw kopalnych, których spalanie prowadzi do globalnego efektu szklarniowego – stanowi zagrożenie dla naturalnych siedlisk flory i fauny.

Ochrona środowiska przyrodniczego przed skutkami górnictwa nakłada na inwestorów gospodarczych obowiązek znalezienia i odpowiedniego przygotowania techniki górniczej bezpiecznej dla środowiska, pełnienia stałego nadzoru i monitorowania środowiska w obrębie kopalni i w jej otoczeniu.

Podstawowe działania w tym zakresie obejmują:

- taką organizację prac, która eliminuje możliwe do uniknięcia awarie techniczne maszyn i urządzeń wydobywczych, rozlewanie paliw, smarów i olejów, rozsypywanie szkodliwych środków o różnym składzie chemicznym, niekontrolowane odprowadzanie do gleby różnego rodzaju ścieków komunalnych i przemysłowych;
- oszczędną gospodarkę wodą pitną, technologiczną i gospodarczo-bytową;
- staranną gospodarkę materiałową, eliminującą powstawanie odpadów lub znacznie minimalizującą ilość powstających odpadów, a tym samym wydajną ekonomicznie;
- recykling i segregację odpadów o różnym składzie materiałowym, pochodzeniu, charakterze i przeznaczeniu;
- gromadzenie odpadów o różnych cechach w wydzielonych kwaterach składowiska lub osobnych i szczelnych zbiornikach;
- zbieranie i segregację opakowań i kierowaniu ich na właściwe składowiska lub do odbiorców.

Zawodnione odpady górnicze, w zależności od zawartości (ilości i rodzaju) substancji szkodliwych, deponowane w dole urobkowym podlegają różnego rodzaju przemianom,

także takim, które prowadzą do całkowitej lub częściowej ich neutralizacji. Likwidacja odpadów, pozostawionych w dołach urobkowych, polega przede wszystkim na:

- odwonieniu i rozprowadzeniu ich w środowisku, z ewentualnym wykorzystaniem na cele rolnicze;
- przeniesieniu do rowów rozprowadzających, odwonieniu, wymieszaniu z glebą i przykryciu warstwą humusu;
- przeniesieniu do rowów rozprowadzających, odwonieniu, dodaniu składników wiążących wodę (gips, cement) oraz środków zestalających (szkło wodne), wymieszaniu z glebą i składowaniu pod jej warstwą;
- składowaniu odpadów w warunkach pełnej izolacji od otoczenia w specjalnie przygotowanych zbiornikach i składowiskach.

Odpady z działalności górniczej, charakteryzujące się szczególną szkodliwością dla środowiska, przed zdeponowaniem w glebie poddawane są procesowi zestalania. Szczególnie szkodliwe dla środowiska uznaje się odpady, które charakteryzują się zwiększoną zawartością metali ciężkich, olejów i smarów ropopochodnych, reduktorów organicznych, dużą tendencją do tworzenia drobno zdyspergowanej i trudno opadającej zawiesiny.

Procesy zmierzające do trwałego zestalania odpadów szkodliwych dla środowiska mają na celu:

- trwałe zatrzymanie w zestalanej strukturze zanieczyszczeń szkodliwych;
- usunięcie właściwości tiksotropowych odpadów, które powodują, że podłoże składowiska odpadów jest niestabilne;
- uzyskanie materiału odpadowego o małej przepuszczalności hydraulicznej, tak aby szybkość migracji zanieczyszczeń do gleby i wód podziemnych była znacznie ograniczona;
- likwidację zagrożeń związanych z zamulaniem wód powierzchniowych i podziemnych w wyniku przedostawania się do nich drobno zdyspergowanych cząstek iłu tworzących trwałą i trudno opadającą zawiesinę.

Szczególny problem stanowią odpady górnicze zanieczyszczone naturalnymi radionuklidami występującymi w górotworze i płynach złożowych. Utylizacja ich polega na rozcieńczaniu odpadów i rozprowadzeniu w środowisku; składowaniu odpadów w chłonnych podziemnych wyeksploatowanych wyrobiskach górniczych i nieczynnych odwiertach, zarówno w postaci płynnej, jak i zestalanej; ewentualnie deponowaniu pod warstwą gleby.

Ważne jest staranne odizolowanie gruntu w miejscach przelewów ropy, magazynów paliw, olejów i smarów, by grunty, wody powierzchniowe i podziemne zabezpieczyć przed zanieczyszczeniem.

Analiza doboru metod ochrony środowiska naturalnego przed skutkami górniczej działalności człowieka zawsze musi brać pod uwagę ocenę zagrożeń, jakie stwarzają dla środowiska materiały, produkty i surowce dostarczane do kopalni i z niej pozyskiwane. Prawidłowo określona ocena zagrożeń ze strony kopalni pozwala na dobór właściwej metody rekultywacji terenu kopalni i jej otoczenia. Rekultywacja powinna być dostosowana do cech środowiska naturalnego.

1.15. Likwidacja kopalni a środowisko

Wydobycie i przetwórstwo węgla, stali i metali nieżelaznych, a także ropy i gazu ziemnego czy innych surowców mineralnych, określa specyfikę krajobrazu kopalnianego i pokopalnianego, gdy zakład górniczy (lub innego przemysłu) ulega likwidacji.

Działania zmierzające do likwidacji kopalni warunkowane są charakterem likwidowanego zakładu, ale zawsze obejmują takie podstawowe kryteria, jak:

- zabezpieczenie lub zlikwidowanie wyrobisk górniczych i przedsięwzięcie niezbędnych kroków w celu ochrony wyrobisk sąsiednich zakładów górniczych;
- zabezpieczenie nie wykorzystanej części złoża kopaliny i złóż kopaliny sąsiadujących;
- demontaż i usunięcie obiektów zakładu górniczego oraz technicznych elementów maszyn i urządzeń (służących do transportu ludzi, materiałów i surowców, kopaliny eksploatowanej);
- demontaż i usunięcie elementów izolujących podłoże naturalne przed zanieczyszczeniem;
- zabezpieczenie innych elementów środowiska naturalnego i krajobrazu lokalnego;
- wykonanie zabiegów agrotechnicznych rozluźniających strukturę powierzchniową gleby, na której zlokalizowany był teren kopalni będący skutkiem skompaktowania gruntu ciężkim sprzętem technicznym;
- rozplantowanie przechowywanej warstwy humusu, zdjętego pod budowę kopalni;
- odnowienie rodzimej szaty roślinnej;
- oddanie terenu zajętego pod kopalnię społeczności lokalnej np. w celu użytkowania leśnego, rolniczego, rekreacyjno-wypoczynkowego, turystycznego.

Na podstawie przedstawionych w poprzednich rozdziałach charakterystyk zanieczyszczenia środowiska i skutków jakie wywołują, podejmuje się kroki w kierunku technologicznej i przestrzennej restrukturyzacji terenów pokopalnianych, lub ujmując szerzej rozumiany przemysł – terenów poprzemysłowych. Jednym z ważniejszych elementów tej restrukturyzacji jest **system terenów zieleni**, stanowiący rekonstrukcję krajobrazu sprzed okresu przemysłowego lub stworzenie krajobrazu zbliżonego o bardziej korzystnych warunkach środowiskowych.

Procesowi restrukturyzacji obszarów o przekształconej przez przemysł górniczy (lub inny) rzeźbie i skażonym środowisku towarzyszy szeroki zakres prac technicznych, obejmujący:

- Neutralizację, oczyszczanie lub izolację i hermetyzację substancji szkodliwych, zwłaszcza pozostałości przemysłu koksowniczego, rafineryjnego, chemicznego czy wojskowego.
- Zapobieganie zjawiskom osiadania terenu (gruntu), tąpnięć i wstrząsów na terenach eksploatacji górniczej, gdzie głębokość zmian antropogenicznych dochodzi do kilkuset metrów poniżej powierzchni litosfery.

- Profilowanie powierzchni hałd, zwałów, składowisk czy osadników, wzmacnianie gruntu i skarp, regulację stosunków wodnych.
- Poprawę fizyko-chemicznej jakości gruntów oraz stanu czystości wód.
- Aktywację biologiczną obszarów o zdewastowanej bioróżnorodności, z zachowaniem naturalnych zbiorowisk roślinnych, które wkroczyły na tereny kopalniane i pokopalniane w drodze sukcesji (samosiewu) i włączenie ich do odtwarzanego w ramach rekultywacji ekosystemu.
- Wyburzenia, rozbiórki oraz zabezpieczenie pozostawionych terenów i obiektów, w tym także ich adaptacja do nowej funkcji użytkowej.
- Działania w sferze administracyjnej, czyli pozyskanie wielkich inwestorów i stworzenie nowego rynku pracy dla pracowników likwidowanych zakładów.

Prace te należą do trudnych i długotrwałych, a ich stopień trudności zależy od charakteru terenu pogórniczego i związanych z technologią wydobywania wielu czynników natury technicznej, środowiskowej i krajobrazowej. Do tych podstawowych czynników należą: ukształtowanie powierzchni terenu, rodzaj składowanego materiału, jego właściwości oraz zjawiska termiczne. Z uwagi na czynność termiczną zwałowiska dzieli się na: termicznie czynne, termicznie nieczynne i termicznie bierne mogące ulec zapaleniu.

Traktując krajobraz jako wartość kulturową społeczności lokalnej, oraz dążąc do jedności człowieka z biotycznym i abiotycznym środowiskiem, Richling i Solon (2002) tak definiują planowanie krajobrazu: *planowanie krajobrazu to ciągły proces zmierzający do optymalizacji sposobu wykorzystania określonych fragmentów powierzchni Ziemi, z zachowaniem ich produktywności i piękna.*

W świetle tego stwierdzenia celem winno zostać:

- Przekształcenie pejzażu przemysłowego i poprzemysłowego w park krajobrazowy.
- Poprawa stanu czystości wód i zwiększenie ich zasobności, szczególnie na terenach o naruszonej równowadze hydrogeologicznej.
- Zmiany funkcji obiektów przemysłowych lub poprzemysłowych.
- Stworzenie atrakcyjnych terenów wypoczynkowych na restrukturyzowanym obszarze.
- Rozbudowa nowych miejsc pracy.
- Poprawa jakości środowiska mieszkaniowego.
- Konsolidacja ludności lokalnej i odrodzenie lokalnego patriotyzmu.
- Wzrost wykorzystania naturalnych energii.

Obszar tak określonych działań może być wyznaczony przez granice gmin o zdegradowanym środowisku i krajobrazie, które mają zostać przywrócone do stanu pierwotnego. Elementami nowego krajobrazu w obszarze działań naprawczych będą istniejące ciekły wodne (naturalne i sztucznie utworzone), korytarze ekologiczne o różnej miąższości (naturalne i sztucznie utworzone) – stanowiące system przewietrzania. Drapella-Hermansdorfer (2001) tworzy taki system przy zastosowaniu **pasma dynamizującego** przepływ powietrza, czyli równoległego do kierunku do-

minujących wiatrów, połączonego z **pasami hamującymi** o funkcji filtrów, czyli prostopadłymi do kierunku wiatrów.

Pejzaż terenów pogórnich (i innego przemysłu) składa się z wielu różnorodnych fragmentów. Tworzą je nie tylko obszary *stricte* przemysłowe (zakładowe) lecz i obraz miast czy osiedli budowanych wokół nich. Spoiwem łączącym te wszystkie fragmenty są zielone tunele wzdłuż dróg szybkiego ruchu, szlaki piesze i rowerowe, sieć punktów identyfikacji krajobrazowej, a także gęsta sieć ogniw słonecznych (miejsc, do których dociera światło słoneczne).

Metody i formy działania przekształcającego lub zachowawczego określa architektura krajobrazu, przy czym krajobraz jest tu zakresem działania. Istota architektury krajobrazu wynika z potrzeb człowieka – **człowiek może się czuć dobrze jedynie w przestrzeniach pięknych, które mu coś mówią**. Krajobraz pokopalniany stanowi specyficzny element środowiska z uwagi na **architekturę kopalni**. Kopalnie (podziemne, odkrywkowe i otworowe) w których wyczerpano zasoby złoża, stanowią nadal znaczną wartość samą w sobie. Wartość tę tworzą sprzęt inżynierski, obiekty budowlane i formy krajobrazu przekształconego (zwałowiska, hałdy, składowiska odpadów), które stanowią także wartość historyczną. Zwałowiska i hałdy, składowiska odpadów eksponowane mogą być w formie miejsc celowych i znaczących – stanowiąc element przestrzennej scenografii. Funkcję taką mogą pełnić specjalnie pozostawione i zachowane stare szyby górnicze, taśmociągi i bocznice kolejowe, które stanowią wyeksponowany ślad kultury regionu. Mogą one być wykorzystane, jako obiekty turystyczne, niekiedy zdrowotne, a także jako zbiorniki wód, gazu lub materiałów pędnych, czy jako prozaiczny element gospodarczy – składowiska odpadów, zwłaszcza w stosunku do starych wyrobisk. Obecny zakres wykorzystania starych wyrobisk jest znikomym, ale zagadnienie to nabiera coraz większego znaczenia techniczno-inżynierskiego.

Utrzymanie wyeksploatowanych wyrobisk podziemnych, np. soli lub innych rozpuszczalnych w wodzie minerałów, znajdujących się na terenach zabudowanych (zurbanizowanych), może być niezbędne dla ochrony powierzchni, gdyż rozmięczenie w wodzie filarów oporowych oraz ich zaciśnięcie prowadzi do rozległych i głębokich zapadlisk na powierzchni terenu. Utrzymanie odpowiedniego stanu tych wyrobisk jest formą ochrony powierzchni litosfery. Ledwoń (1983) wskazuje na istotną rolę, jaką odgrywają tutaj koszty usuwania szkód górniczych, które są silnie zróżnicowane zależnie od intensywności zabudowy rozpatrywanego obszaru działania inwestycyjnego. Koszty te mogą być znacznie obniżone przez racjonalne zagospodarowanie istniejących obiektów i rekultywację obszarów do uzyskania estetycznych efektów krajobrazowych i architektonicznych – w tym środowiskowych.

1.16. Rekultywacja

Rekultywacja jest programem naprawy terenów zniszczonych na skutek działalności przemysłowej, gospodarczej i bytowej człowieka. Rekultywacja jest tą działalnością człowieka, która również wprowadza zmiany w środowisku. Przywrócenie stanu pierwotnego środowisku jest w większości przypadków niemożliwe. Istotne

jest więc utworzenie sztucznego środowiska o ekosystemach zbliżonych do pierwotnych i o dużych walorach estetycznych i ekonomicznych.

Tereny zajęte pod działalność górnictwą zajmują w kraju powierzchnię kilkudziesięciu tysięcy hektarów, nie licząc terenów inwestycyjnych. Pod koniec lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia wielkość terenów wymagających rekultywacji na obszarze Polski szacowano na 750 km², a obszary nieużytków na ponad 5 000 km². Rokrocznie deponuje się na hałdach i składowiskach kolejne miliony ton uciążliwych odpadów, rośnie ilość opuszczonych zakładów produkcyjnych. Krzysztof Gasidło (1998) w podsumowaniu monografii poświęconej tym zagadnieniom zauważa: *Obszary intensywnie użytkowane zaczynają podlegać specjalnym działaniom regeneracyjnym wykraczającym poza zwykłą eksploatację i konserwację. Zatem tereny, które były użytkowane w inny niż przemysłowy sposób, ale charakteryzowały się dużą skalą i dynamiką zmian, mogą być źródłem podobnych problemów. Chodzi tu o tereny po intensywnej działalności rolniczej, transportowej, niektóre dzielnice mieszkaniowe itd. Użytkowanie ich powinno być rozpatrywane w pewnym cyklu obejmującym zarówno rozwój zagospodarowania, jak i jego przemianę lub likwidację, a następnie regenerację. Z tego względu dąży się do sytuacji, w której powierzchnia terenów zrehabilitowanych będzie wyższa od przyrostu terenów przeznaczonych pod działalność gospodarczą (np. górnictwą). Teren po eksploatacji gospodarczej musi być całkowicie przywrócony do stanu pierwotnego lub stanu korzystniejszego od wyjściowego. Zasadą powinna być gospodarka, której teren działalności (jeśli już musi i nie da się temu zapobiec) **degradowany jest przejściowo**.*

Tereny zajęte przez górnictwo surowców skalnych zalicza się do średnio trudnych i trudnych do rekultywacji, rzadko łatwych, a wyznacznikiem stopnia trudności są zjawiska termiczne. Krzaklewski (2001) wyróżnia cztery kategorie terenów pogórnicznych eksploatacji węgla (na podstawie stopnia trudności rekultywacji biologicznej):

- **Rekultywacja łatwa:** hałdy odpadów płaskie, zbudowane w przewodzie z łupków karbońskich, przepalone lub nieprzepalone oraz osadniki poziome z mułu węglowego z dużą zawartością substancji ilastej, glin itp.
- **Rekultywacja średnio trudna:** zwałowiska poziome, zbudowane z odpadów kopalnianych z przewagą piaskowców karbońskich, nieprzepalone i niezagrożone czynnością termiczną lub częściowo przepalone, a także zwałowiska nadpoziome, niskie i podpoziome płytke o uformowanych skarpach, zbudowanych z utworów jak w kategorii A.
- **Rekultywacja trudna:** hałdy i zwałowiska nadpoziome, wysokie, o skarpach stromych i bardzo stromych, zagrożone czynnością termiczną lub wygasające, a także hałdy są niskie lecz z przewagą piaskowców trudno wietrzejących, gruzu budowlanego i żużla.
- **Rekultywacja bardzo trudna:** zwałowiska termicznie czynne.

W przypadku eksploatacji odkrywkowej kruszyw mineralnych wyrobiska mają różną głębokość. Szczególnie trudne do zagospodarowania są utwory piasków luźnych gruboziarnistych. Te wyrobiska mają głębokość średnio około 20 m, nachyle-

nie skarp również jest zróżnicowane i wynosi od 1 : 3 do 1 : 2. Rekultywacja leśna tego typu terenów wymaga uwzględnienia głębokości występowania wód gruntowych (najkorzystniejsze stosunki wodne, to utrzymanie poziomu wód gruntowych na głębokości około 80 cm), ich żyzności i zasobności podłoża w składniki pokarmowe dostępne dla roślin (uwzględnienie konieczności ulepszenia jałowego podłoża w drodze mineralnego nawożenia).

Z uwagi na różnorodność czynników degradujących środowisko oraz ich rodzaj, ilość i jakość istnieje tyleż samo różnorodnych programów rekultywacyjnych. Mogą one być do siebie podobne, zawierać niektóre identyczne elementy, ale każdy program rekultywacji musi być indywidualnie opracowywany i dostosowywany do potrzeb rekultywowanego obszaru. Programy rekultywacyjne obejmują zarówno opuszczone miasta, wsie i obszary przemysłowe, jak i grunty zniszczone użytkowaniem górniczym.

Plany zagospodarowania byłych wyrobisk wymagają indywidualnego podejścia, co za każdym razem stwarza konieczność określenia problemu i oceny wyczerpania składników gleby. Podstawową przyczyną **umierania** gleby jest brak jej wierzchniej warstwy. Ziemia usunięta z obszarów kopalń odkrywkowych musi być skrupulatnie przechowywana, bowiem jej odtwarzanie od podstaw jest przedsięwzięciem kosztownym. Gleba jest przechowywana w celu jej wykorzystania po zakończeniu wydobywania lub od razu wykorzystywana do rekultywacji poprzednio eksploatowanych dołów. Służy więc ponownemu wykorzystaniu w procesie naprawy środowiska. Górną warstwę gleby można zastąpić przez jej substytuty, wytwarzane z warstw skały ubogiej w piryty i bogatej w węglany.

Przy zniszczeniach spowodowanych przez górnictwo podziemne (np. kopalnie węgla, hałdy, zwałowiska, składowiska odpadów) występują w glebie braki azotu i fosforu – dwóch pierwiastków niezbędnych dla roślin. Obfitość piryty (siarczku żelaza Fe_2S), który wiąże się z wodą tworząc kwas siarkowy, często jest przyczyną niskiego pH gleby (między 2 a 4). Braki składników glebowych można uzupełnić dostarczając nawozów azotowych i fosforowych, a niskie pH zwiększyć, dodając wapnia. Wymagana ilość dodatków będzie zależała od zawartości piryty, tlenków żelaza i aluminium mogących wiązać fosfor, którego nie będą mogły wykorzystać rośliny. Także **górnictwe hałdy** można przekształcić w **górnictwą glebę produktywną**.

Roślinność, która ma rosnąć na rekultywowanym obszarze kopalni musi być dobierana na podstawie indywidualnych cech gleb (np. olcha, brzoza, dąb). Najistotniejszym czynnikiem jest grubość i drenaż pokrywy glebowej oraz zawartość w niej składników pokarmowych. Rośliny dobiera się na podstawie rodzaju rodzimej bioróżnorodności. Wprowadzenie na hałdach rekultywacji biologicznej pozwala na ochronę powierzchni gleby. Odpowiedni dobór roślin motylkowych zwiększa zawartość składników organicznych, a w ten sposób i spójność gleby. Jednak zastosowanie rekultywacji degradowanych krajobrazów, która wykorzystuje rośliny obcego pochodzenia prowadzi do często silnej ekspansji i wyparcia przez nie pozostałej roślinności rodzimej.

Ze względu na wysokie koszty kompleksowej rekultywacji gleb skażonych na głębokość od kilku do kilkuset centymetrów, preferuje się wspomaganie naturalnej sukcesji celem realnej poprawy istniejącego stanu. Cel osiągnąć można w wyniku regularnego zadrzewiania i uzupełniania drzewostanu terenów samorzutnie zalesianych. Ekspozowane powinny być te gatunki, które tolerują warunki na skażonych glebach – tym samym tereny te mogą być udostępniane społeczności, np. turystycznej. Zarówno takie uzupełniające, jak i nowe zespoły (formy) zieleni powinny powstać przede wszystkim na terenach opuszczonych przez przemysł (poprzemysłowych).

Podstawą odtwarzania lasów jest redukcja (likwidacja) erozji i pobudzenie procesów rozwoju gleby (wysianie traw, roślin motylkowych, wprowadzenie sadzonek drzew, aby doprowadzić do stabilizacji gleby i otworzyć warunki do akumulacji materii organicznej i azotu) i ściółki glebowej. Ważne jest, aby dobrać gatunki roślin zdolne utrzymać w systemie korzeniowym grzyby, które będą odzyskiwać fosfor. Ważną aktywności korzeniowych grzybów w rekultywacji podkreśla wielu naukowców, którzy wykazują, że grzyby rozmnażają się w okresie rekultywacji, a ich rozwój zależy od dostępności wapnia i materii organicznej. Grzyby regulują poziom azotu i fosforu. W połączeniu z bakteriami, normującymi poziom składników pokarmowych, powodują wzrost ich zawartości w glebie, a obumarła materia organiczna tworząca ściółkę zwiększa spójność gleby i zapobiega erozji.

Cieki wodne poddaje się renaturyzacji. **Renaturyzacja** jest specyficznym procesem inwestycyjnym hydrotechnicznym, w trakcie którego metodami i środkami inżynierskimi usuwa się w całości lub w części obiekty i urządzenia inżynierskie posadowione na obszarze występowania cieku wodnego. Podstawowym celem procesu jest odtworzenie stosunków wodnych z ich florą i fauną, czyli przywrócenie walorów retencyjnych utraconych na skutek działalności przemysłowej. Walory te przywraca się do warunków panujących przed realizacją inwestycji degradujących je. Renaturyzacja powinna być wykonana poprzez optymalne rozwiązania.

Obecnie, podejmowanie działalności gospodarczej, która wpływa na środowisko wymaga opracowania płatnych ekspertyz i ocen ich wpływu na środowisko naturalne jeszcze przed podjęciem działalności. Zrozumienie sposobu, w jaki skażenie rozprzestrzeni się w środowisku, stanowi podstawę do opracowania skutecznych metod zapobiegania skażeniu i rekultywacji obszarów już zdegradowanych. Dlatego opracowania te są konieczne do podejmowania kroków rekultywacyjnych, gdy monitorowanie środowiska zasygnalizuje występowanie niekorzystnego oddziaływania.

W pierwotnych warunkach pracy górnika pod ziemią, w wiecznie panujących ciemnościach, ruchach mas skalnych, eksplozjach mieszanin wybuchowych, wdarciach wód podziemnych, zatruciach gazami toksycznymi i braku naturalnej wentylacji (...) rodzą się racjonalne metody myślenia i pracy nad ujarzzeniem zjawisk natury.

Sozański Józef, 1999

Rozdział 2

GÓRNICTWO PODZIEMNE

W górnictwie podziemnym złoża **udostępnia się** poprzez drażnienie różnego rodzaju specjalnych wyrobisk, zwanych **udostępniającymi**, jak: sztolnie, szyby pochyłe i pionowe, przekopy, wykopy, chodniki. Umożliwiają one bezpośrednie dotarcie do złoża kopaliny – zarówno człowiekowi, jak i stosowanemu oprzyrządowaniu. Podziemne metody stosuje się do eksploatacji złóż zalegających na głębokości od 100 do 1 500 m – a w szczególnych przypadkach nawet do 3 500 m (Ryncarz, 1993). Najczęściej są to złoża rud metali, soli i węgla kamiennego.

2.1. Rodzaje wyrobisk górniczych

W górnictwie podziemnym, w celu udostępnienia złoża draży się specjalne wyrobiska górnicze umożliwiające człowiekowi bezpośrednie dojście do wybranego złoża kopaliny. Wyrobiska te służą także do bezpośredniego, szczegółowego rozpoznania budowy geologicznej masywów skalnych, przeprowadzenia badań metodami geofizycznymi oraz badań w celu wyznaczenia podstawowych właściwości fizycznych i mechanicznych masywów skalnych.

Wyrobisko górnicze to pusta przestrzeń w kopalni, powstała po wybraniu skał w wyniku robót górniczych. Do zespołu wyrobisk należą:

- **wyrobiska przestrzenne**, na przykład komory;
- **wyrobiska korytarzowe**, jak chodniki, które mogą być poziome (chodniki i przecznice), pochyłe (upadowe) i pionowe szyby.

Wyrobiska górnicze dzieli się na:

- **Wyrobiska powierzchniowe**: są to wykopy w ziemi, o niedużej głębokości, służące do rozpoznania gruntów i skał w warstwie nadkładu oraz w strefie kontaktu tej warstwy z podłożem skalnym. Do wyrobisk powierzchniowych należą (Schemat 4 i 5):

→ **rowy**: mają na ogół przekrój trapezowy, stosowane są przy grubości nadkładu nie większej niż 3–4 m, i przy stromo nachylonych warstwach. Wykonuje się je prostopadle do rozciągłości biegu warstwy, tak aby przecinały wychodnie wszystkich warstw podłoża, w których zagłębione jest dno rowu (niewiele poniżej dolnej powierzchni nadkładu).

→ **szybiki**: są wyrobiskami pionowymi o przekroju na ogół prostokątnym (rzadziej kwadratowym). Ich dłuższy bok powinien być usytu-

owane równolegle do rozciągłości warstw. Stosowane są wtedy, gdy grubość nadkładu nie przekracza 3–4 m, a kąt nachylenia warstw jest niewielki. Szybiki rozmieszcza się wzdłuż linii rozpoznawczych w takiej odległości od siebie, aby każdy następny szybik osiągał w swej dolnej części warstwę skał podłoża przeciętą górną częścią szybiku poprzedniego lub odwrotnie, aby każdy następny szybik przecinał w swej górnej części warstwę, w której został zatrzymany poprzedni.

- **Wyrobiska podziemne (wgłębne):** są to wykopy pod powierzchnią litosfery, o dużej głębokości (wiercenia) i dużych wymiarach liniowych (szyby, chodniki, sztolnie), służące do weryfikacji rozpoznania strefy kontaktu nadkładu z podłożem skalnym, określenia strefy wietrzenia i odprężenia oraz rozpoznania niżej zalegających skał.

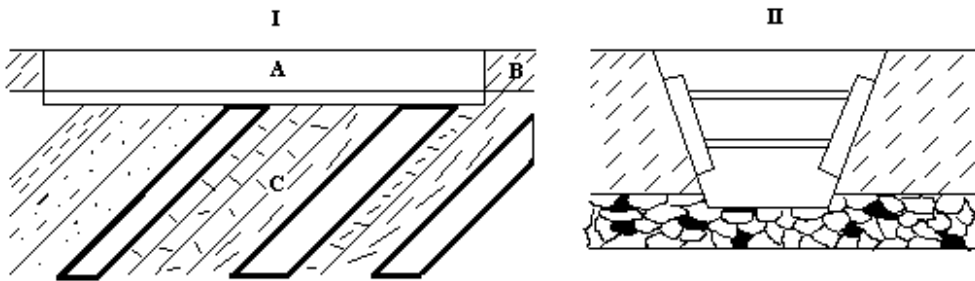
Do wyrobisk wgłębnych należą (Schemat 6):

- **otwory wiertnicze:** wykonywane są za pomocą wierceń ręcznych lub mechanicznych. Kierunki otworów wiertniczych są tak ustalone, aby możliwe było określenie budowy geologicznej podłoża (uskoki, zespoły skalne, główne systemy spękań itp.) oraz jego wodoprzepuszczalności. Otwory wykonuje się tak, aby całkowity uzysk rdzenia nie był mniejszy od 90%. Głębokość otworów wiertniczych zależy od zadania, jakie mają one spełniać oraz rodzaju projektowanej budowli.
- **szyby:** mają na ogół kształt prostokątny i wymiary około $2,0 \cdot 2,5$ m. Ich głębokość jest zmienna (około 10–30 m). Z szybu wykonane są chodniki o przekroju $1,50 \cdot 2,0$ m. Wymiary chodnika są odpowiednio zwiększane w miejscach polowych badań modułów i wytrzymałości na ścinanie.
- **sztolnie:** wykonywane są z powierzchni terenu i mają te same wymiary, co chodniki. W przypadku złożonej budowy geologicznej ze sztolni prowadzi się również prostopadłe do niej chodniki.

W zależności od przeznaczenia wyrobiska wyróżnia się:

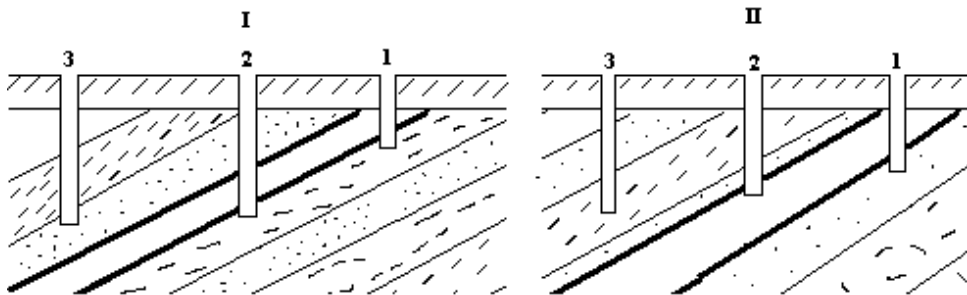
- **wyrobiska poszukiwawczo-rozpoznawcze**, na przykład szybiki poszukiwawcze służące do dokładnego zbadania i rozpoznania złoża;
- **wyrobiska udostępniające**, do których należą szyby i sztolnie łączące złożę z powierzchnią terenu;
- **wyrobiska przygotowawcze**, jak chodniki, pochylnie, chodniki upadowe, mające na celu przygotowanie złoża do eksploatacji;
- **wyrobiska wybierkowe**, czyli zabierki, ściany, ubierki, powstające wskutek wybierania kopaliny użytecznej;
- **otwór wiertniczy**, jako wyrobisko wykonane za pomocą wiercenia.

W celu zabezpieczenia wyrobiska przed skutkami ciśnienia górotworu, a niekiedy przed przedostawaniem się do nich ognia lub wody, wykonuje się obudowę kopalnianą lub podsadzkę.



Schemat 4. Schemat rowu stanowiącego wyrobisko powierzchniowe

I – przekrój pionowy: podłużny; II – przekrój pionowy: poprzeczny;
A – rów; B – nadkład; C – skały podłoża



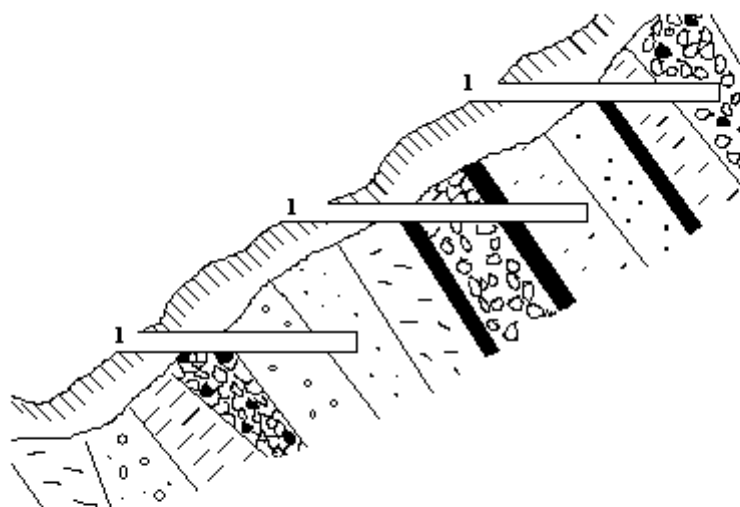
Schemat 5. Schemat szybków w wyrobisku powierzchniowym (przekroje pionowe); 1, 2, 3 – numery szybków w kolejności ich wykonywania

2.2. Wpływ robót górniczych na wierzchnie warstwy litosfery

Po wykonaniu wyrobisk górniczych przystępuje się do wykonywania robót górniczych. **Roboty górnicze** mają na celu bezpośrednie przygotowanie złoża do eksploatacji. **Przygotowanie złoża** polega na usunięciu nadkładu skał płonnych i drażeniu wyrobisk przygotowawczych. Czynności te wywołują określony skutek na powierzchni ziemi. Skutkiem prac eksploatacyjnych jest wzrost ciśnień w górotworze, szczególnie na większych głębokościach, wyrzuty gazów, pożary, tąpnięcia, zagrożenia wodne i inne zjawiska towarzyszące pracy pod ziemią. Tematyka ta jest niezwykle ważna dla bezpieczeństwa pracy górnictwa oraz ochrony środowiska litosfery, tak na jej powierzchni, jak i w jej wnętrzu. Zmiana warunków wewnątrz litosfery wywołuje bezpośrednie lub pośrednie skutki na jej powierzchni.

Wpływ eksploatacji górniczej na powierzchnię litosfery i posadowione na niej obiekty budowlane podzielić można na trzy rodzaje:

- 1) **wpływy deformacji ciągłych**, inaczej rozległych lub regularnych;
- 2) **wpływy deformacji nieciągłych**, czyli lokalnych, związanych przede wszystkim z występowaniem lejów zapadliskowych, uskoków i szczelin;



Schemat 6. Schemat sztolni w wyrobiskach wglębnych: przekrój pionowy;
1 – sztolnie

3) wpływy dynamiczne o charakterze oddziaływań wstrząsowych określane jako sejsmiczne – wywołane tąpnięciami, pękaniem skał i robotami strzałowymi.

Oddziaływania te wywołują określone stany lub zmiany stanów w obiektach powierzchniowych i podziemnych, w podłożu gruntowym oraz w całym górotworze. Znajomość tych zjawisk jest istotna z punktu widzenia inwestowania na terenie górniczym, zabezpieczania istniejących na nim obiektów, podejmowania stosownych działań zabezpieczających teren górniczy i obszar przyległy.

2.3. Deformacje ciągłe

Deformacje ciągłe (rozległe) są to zmiany ukształtowania powierzchni terenu nie powodujące przerwania jej ciągłości, będące konsekwencją przemieszczeń skał wewnątrz górotworu. Wyrobisko podziemne o dostatecznie dużych rozmiarach wywołuje pojawienie się podstawowej formy deformacji ciągłych: **niecki obniżeniowej** na powierzchni terenu. Jest to różnica pierwotnej powierzchni terenu i powierzchni przekształconej wpływami podziemnych robót górniczych w zasięgu ich oddziaływania.

Niecka o ustabilizowanych granicach nazywana jest **statyczną**. Przesuwanie się wyrobiska w określonym kierunku powoduje przesuwanie się niecki w tym samym kierunku. Taka niecka o ruchomym brzegu nosi nazwę **dynamicznej**. Wpływy na obiekty powierzchniowe powinny być określone zarówno dla niecki dynamicznej, jak i statycznej.

W trakcie trwania procesu deformacji, w określonej chwili czasowo-przestrzennej, występują **deformacje chwilowe** (nieustalone). Po zakończeniu podziemnych robót eksploatacyjnych i po ustaniu wszelkich ruchów górotworu utrwała się stan określany jako **deformacje końcowe** (ustalone).

2.4. Deformacje nieciągłe

Deformacje nieciągłe (lokalne) są to zmiany przypowierzchniowych warstw gruntu i głębszych warstw górotworu, wywołane przemieszczeniem utworów skalnych, powodującym przerwanie ich ciągłości. Powstają nad wyrobiskami o głębokości mniejszej od 100 m. Głównymi przyczynami powstawania na powierzchni terenu deformacji nieciągłych, są (Ledwoń, 1983): stare, płytkie zroby i szybiki, wypłukiwanie nadkładu przez wody opadowe i rozmywanie przez wody podziemne, palenie się pozostawionych resztek płytko zalegających i nie wybranych pokładów węgla, zagrożenie gazowe (metan, dwutlenek węgla, czad), eksploatacja z zawałem stropu płytko zalegających pokładów.

Prowadzenie eksploatacji w rejonie starych zrobów (wyrobisko powstałe po zakończeniu w nim robót wybierkowych) może uaktywnić je i powodować na powierzchni ujawnienie się deformacji nieciągłych, mimo że ich tam wcześniej nie było. Istota wzajemnej odległości deformacji wynika z możliwości wystąpienia dodatkowego wpływu deformacji sąsiedniej. Poza lokalizacją deformacji ważne jest określenie wysokości uskoku lub progę, która wpływa na przechylenie obiektu.

Do zakresu deformacji nieciągłych zalicza się: zapadliska w kształcie lejów, rowy i szczeliny, uskoki i stopnie, niecki lokalne (Schemat 7).

Wymiary deformacji wahają się w szerokich granicach, od kilkudziesięciu centymetrów do kilkudziesięciu metrów. W zależności od wielkości deformacji występują różnorodne kształty deformacji: kołowe, owalne, wydłużone zagłębienia – lokalne obniżenia terenu. Aby można było skutecznie przeciwdziałać lokalnym deformacjom terenu należy znać (rozpoznać) ich charakterystyki geometryczne, czyli rozmiary w rzucie oraz wzajemną ich odległość. Przede wszystkim istotniejsza jest rozległość w kierunku poziomym niż w pionowym, bowiem ustrój (obiekt posadowiony) dostosowuje się do kształtu podłoża. Istnienie lub powstawanie szczelin w terenie jest powodem spękania obiektów lub rozerwania podziemnych sieci magistralnych. Z tego powodu uwzględnia się szerokość i głębokość szczelin w gruncie. Innym istotnym czynnikiem jest czas powstawania deformacji, szczególnie ważny dla obiektów już istniejących na terenie górniczym, które zazwyczaj nie są zabezpieczone przed ich wpływem.

2.5. Parametry i wskaźniki deformacji terenu

Parametry deformacji terenu określa się w celu właściwego przewidywania zagrożenia powierzchni terenu wpływem robót górniczych. Wartość parametrów deformacji terenu wyznacza się w wybranych punktach zasięgu niecki obniżeniowej – w punktach obliczeniowych w przypadku prognozowania deformacji lub punktach obserwacyjnych w przypadku pomiarów deformacji.

Parametry deformacji terenu:

Obniżenie w : określa przemieszczenie punktów w kierunku pionowym z przechyleniem się dużych bloków skalnych po spękaniu calizny pokładu. Linie łączące punkty o jednakowych obniżeniach noszą nazwę **izolinii obniżeń**. Termin „osiadanie” związany jest z przemieszczeniami pionowymi podłoża wywołanymi naprę-

zeniami sprężysto-plastycznymi. Mogą mieć one wielkość rzędu centymetrów lub dochodzić nawet do dziesiątków metrów. **Obniżenia równomierne** w podają, o jaką wielkość obniżył się lub będzie się obniżał określony teren. Natomiast **obniżenia nierównomierne** Δw stanowią parametr do określenia wpływu podłoża na wszystkie rodzaje obiektów powierzchniowych.

Odkształcenia poziome ε : stanowią składowe poziome wektora przemieszczeń, odnoszone do jednostki długości. Są wielkościami bezwymiarowymi, gdyż stanowią iloraz długości przez długość. Podaje się je w ‰ lub mm/m. Niecki dynamiczne wykazują mniejsze deformacje niż statyczne. Różnica może wynosić około $30 \div 40\%$. Według Skinderowicza:

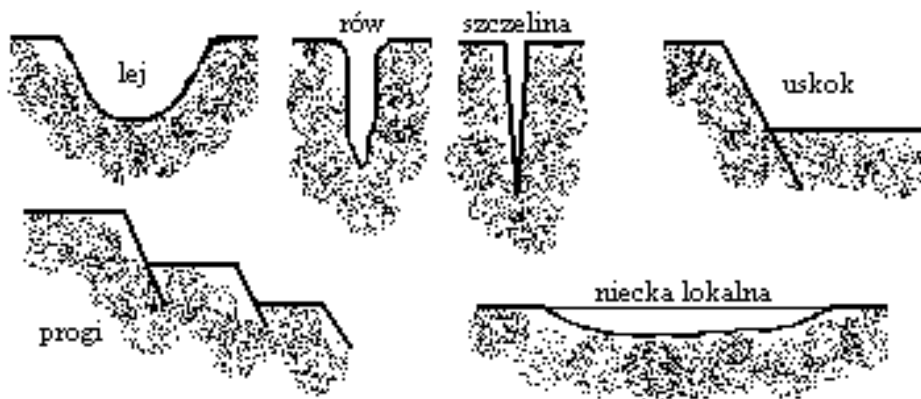
$$\varepsilon_{dyn} = 0,6 \cdot \varepsilon_{stat}$$

Przesunięcie poziome u : podaje składowe poziome wektora przemieszczeń danego punktu na powierzchni terenu. Różnice przesunięć odniesione do jednostki długości dają wskaźnik ε .

Nachylenia T : podają wielkość nachylenia terenu w stosunku do poziomu lub wychylenie z położenia pionowego. Są wielkościami bezwymiarowymi podawanymi w ‰ lub mm/m.

Krzywizny K (Schemat 8): podawane są bezpośrednio lub w postaci ich odwrotności, czyli **promieni krzywizn** R . Rozróżnia się krzywizny wklęsłe i wypukłe.

Prognozowanie wielkości **wskaźników deformacji terenu** odnosi się do określonego terenu, gdyż zależy od wielu lokalnych czynników geologiczno-górnictwowych, do których należą: grubość pokładu lub warstw, system eksploatacji, sposób podszadzenia wyrobiska, kształt i wymiary pól eksploatacyjnych, nachylenie pokładu, głębokość pokładu, rozmieszczenie uskoków, własności skał w górotworze, prędkości eksploatacji, czystość eksploatacji (niepozostawianie lokalnych miejsc niewybranych). Z tego powodu niezbędna jest odpowiednia ekspertyza geologiczno-górnictwowa, w której uzgadnia się wielkości prognozowanych wskaźników (Ledwoń).



Schemat 7. Przykłady deformacji nieciągłych (lokalnych) (Ledwoń, 1983)

Wskaźniki deformacji terenu to:

Prędkość osiadania V_w : wynosi od kilku do kilkudziesięciu mm/d, określa ją równanie:

$$V_w = \frac{\Delta w}{\Delta t}$$

Prędkość zmian odkształceń o składowych poziomych V_ε określa równanie:

$$V_\varepsilon = \frac{\Delta \varepsilon}{\Delta t}$$

Prędkość zmian przechyleń V_i określa równanie:

$$V_i = \frac{\Delta T}{\Delta t}$$

Maksymalne nachylenie T_{max} określa równanie:

$$T_{max} = \sqrt{T_x^2 + T_y^2}$$

2.6. Maksymalne wartości przemieszczeń i odkształceń

O stopniu zagrożenia obiektów powierzchniowych i wielkości ich uszkodzeń decydują wielkość przemieszczeń i deformacji, do których należą (równania opisują maksymalne wielkości przemieszczeń i odkształceń w brzeżnej części niecki pełnej i nadpełnej przy płaskim stanie przemieszczeń: $W_{max\ dop}$ (Schemat 24) – maksymalne dopuszczalne wielkości obniżenia w zależności od dopuszczalnych wskaźników przemieszczeń i odkształceń):

Przemieszczenie pionowe (obniżenie): dotyczy np. ciągów kanalizacyjnych, obiektów wodnych itp., które powoduje zmiany spadków terenu, obniżenie koryt rzek i obszarów przyległych, powstawanie zalewisk:

- **maksymalne obniżenie** opisuje równanie:

$$W_{max} = -a \cdot g [m]$$

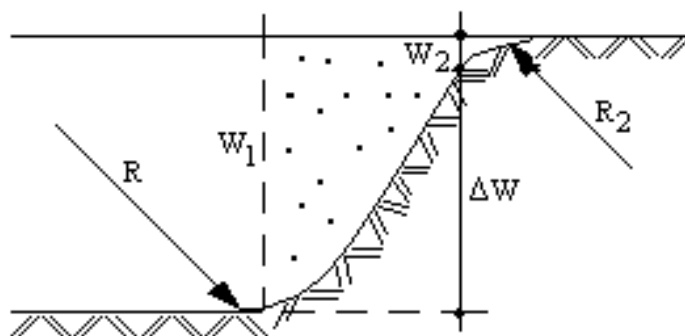
Przemieszczenie poziome: jest zagrożeniem głównie dla podziemnych obiektów pionowych, jak: szyby, otwory wiertnicze, skrzywienia osi szybów:

- **maksymalne przemieszczenie poziome** opisuje równanie:

$$u_{max} = -0,4 a \cdot g \quad [m] \rightarrow \text{występuje dla } x=0$$

$$W_{max\ dop} = 0,4 u_{dop}$$

Nachylenie: to szczególne zagrożenie dla wszystkich rodzajów obiektów, bowiem może – choć nie musi – prowadzić do pęknięć i zawaleń budowli, deformacji ich części, przez co uniemożliwia ich użytkowanie:



Schemat 8. Promień krzywizny terenu (Ledwoń, 1983):

R_1 – promień krzywizny terenu

R_2 – promień krzywizny brzegu niecki

Δw – obniżenie nierównomierne

- **maksymalne nachylenie** opisuje równanie:

$$T_{\max} = \frac{1}{r} a \cdot g \quad [\text{m/m}] \rightarrow \text{występuje dla } x=0$$

$$W_{\max \text{ dop}} = r \cdot T_{\text{dop}}$$

Krzywizna i promień ugięcia: są to wielkości deformacji współwystępujące, które powodują dodatkowe naprężenia i odkształcenia poziome obiektów – zależne od promienia ugięcia – powodujące ich pęknięcia pionowe, rozszerzające się ku górze (przy ujemnych krzywiznach) lub ku dołowi (przy dodatnich krzywiznach):

- **maksymalną krzywiznę** opisuje równanie:

$$K_{\max} = \pm 1,52 \frac{a \cdot g}{r^2} \quad [\text{m}^{-1}] \rightarrow \text{występuje dla } x = \pm 0,4 r$$

$$W_{\max \text{ dop}} = 0,66 r^2 K_{\text{dop}}$$

- **maksymalny promień ugięcia** opisuje równanie:

$$R_{\max} = \pm 0,66 \frac{r^2}{a \cdot g} \quad [\text{m}] \rightarrow \text{występuje dla } x = \pm 0,4 r$$

$$W_{\max \text{ dop}} = 0,66 \frac{r^2}{R_{\text{dop}}}$$

Odkształcenia poziome (dodatnie i ujemne): powodują spękania lub zgniatania obiektów o różnym stopniu odporności zależnej od ich konstrukcji i zabezpieczeń:

- **maksymalne odkształcenie poziome** opisuje równanie:

$$\varepsilon_{\max} = \pm 0,6 \frac{1}{r} a \cdot g = \pm 0,6 T_{\max} \quad [\text{m/m}] \rightarrow \text{występuje dla } x = \pm 0,4 r$$

$$W_{\max \text{ dop}} = 1,66 r \cdot \varepsilon_{\text{dop}}$$

- **maksymalne odkształcenie poziome w obiekcie o wysokości h** posadowionym na powierzchni litosfery opisuje równanie:

$$\varepsilon_{h\max} = \pm \left(0,6 + 1,52 \frac{h}{r}\right) \frac{a \cdot g}{r}$$

Odkształcenia pionowe: występują wewnątrz górotworu, stając się zagrożeniem dla wyrobisk górniczych i pionowych obiektów podziemnych, takich jak szyby, otwory wiertnicze.

Szybkość przyrostu deformacji (i ich zmian): wpływa na stopień zagrożenia obiektu i wielkość uszkodzeń, jakich może on doznać podczas prowadzenia pod nim robót eksploatacyjnych. Zwiększenie prędkości posuwu (postępu) frontu eksploatacyjnego w filarze ochronnym obiektów prowadzi do zmniejszenia deformacji w brzeżnej części niecki dynamicznej, przesuwej się pod obiektem, a w konsekwencji do zmniejszenia uszkodzeń obiektu narażonego na mniejsze deformacje.

Brzeżna część niecki dynamicznej obniżeniowej jest bardziej rozciąglą i spłaszczona, a występujące w niej deformacje są mniejsze niż w brzeżnej części niecki statycznej w pełni uformowanej. Maleją one ze wzrostem prędkości posuwu (postępu) frontu eksploatacyjnego.

Powstające w wyniku deformacji podłoża naprężenie między podłożem a posadowionym na nim obiektem albo prowadzi do trwałego odkształcenia i uszkodzenia, albo, jeżeli obiekt je wytrzyma, zanika z czasem w całości lub częściowo. Przebieg relaksacji w czasie zależy między innymi od własności podłoża, rodzaju obiektu, sposobu jego posadowienia, stosowanych zabezpieczeń itp.

2.7. Niecki obniżeniowe

W wyniku wybrania złoża na pewnym obszarze litosfery – i wypełnienia powstałej pustki przez skały warstw nadkładu – występują przemieszczenia górotworu w obszarze ponad dokonaną eksploatacją. Przemieszczenia te, przy dostatecznie dużym obszarze wybranego złoża, mogą sięgać do samej powierzchni litosfery. W wyniku tych przemieszczeń nad wybraną partią złoża, na poszczególnych jego poziomach, powstają **niecki obniżeniowe**.

W zależności od wielkości powierzchni wyeksploatowanej partii złoża (pokładu), głębokości zalegania złoża lub odległości rozpatrywanego poziomu od pokładu i własności górotworu, wyróżnia się następujące rodzaje niecek (Schemat 9):

- **Niecki niepełne:** powstają w wyniku wybrania pokładu w obszarze, którego powierzchnia jest odpowiednio mała. Największe obniżenie w dnie niecki jest wówczas mniejsze od maksymalnego możliwego obniżenia, jakie może wystąpić w wyniku wybrania pokładu w obszarze dowolnie dużym. Obniżenie

to zależy od grubości pokładu g (na ogół nieznana wartość wyrażana w metrach), na którą wybierany jest pokład oraz od metody ochrony stropu. Od metody ochrony stropu wyrobiska górniczego zależy wielkość współczynnika osiadania a (bezwymiarowy): $W_{max} = a \cdot g$;

a – jest to bezwymiarowy współczynnik osiadania (eksploatacji): jest stosunkiem największego możliwego obniżenia, W_{max} , jakie występuje w dnie niecki pełnej lub nadpełnej do średniej grubości g wybranego pokładu lub wybieranej warstwy opisanego równaniem:

$$a = \frac{W_{max}}{g}$$

Wartość współczynnika osiadania a zależy od sposobu eksploatacji, a w szczególności od sposobu likwidacji pustek poeksploatacyjnych oraz od wielkości strat, czyli stopnia wybrania pokładu i czystości eksploatacji. Najczęściej przyjmuje on wartości od 0 do 1 i więcej (dla zawałów).

- **Niecki pełne:** powstają w miarę powiększania się pola wyeksploatowanego. Niecka obniżeniowa powiększa się, wskutek czego wzrasta obniżenie w jej dnie osiągając dla pewnej wielkości tego eksploatowanego pola praktycznie wartość maksymalną: $W = W_{max}$. W nieckach pełnych oddziaływania mają znacznie większe wielkości niż w nieckach niepełnych. Ściskania występują na całej długości dna niecki.
- **Niecki nadpełne:** powstają, gdy pole eksploatowane nadal jest powiększane. W pewnym płaskim obszarze środkowym obniżenia wykazują wartość maksymalną: $W = W_{max}$.

Największe stosunkowe obniżenie występuje przy eksploatacji z zawałem stropu ($a = 0,7 \div 0,8$, a nawet może być >1). Nad każdym pokładem wybranym z zawałem występują strefy zawału i spekań, w obszarze których górotwór ulega rozluźnieniu. Przy dalszym wybieraniu pokładów niżej zalegających pobierane strefy zawału i spekań nad wcześniej wybranymi pokładami podlegają deformacjom, w wyniku których występuje w nich zagęszczenie ośrodka skalnego, pociągające dodatkowe obniżenie górotworu w obszarze tych stref i ponad nimi. Jest to tak zwana aktywacja starych zrobów, która czasem przyjmuje tak duże rozmiary, że sumaryczna wielkość obniżenia, na które składają się bezpośrednio wpływy aktualnie wybranego pokładu i wpływ aktywacji starych zrobów na wyższych poziomach może przekraczać grubość wybieranego pokładu (Knothe, 1984).

Przy pewnych powierzchniach wybrania pokładu na różnych poziomach wewnątrz górotworu, mogą występować kolejno niecki nadpełne, pełne i niepełne (rozpatrując pokład od jego poziomu w kierunku powierzchni litosfery).

W rzeczywistych warunkach środowiska przyrodniczego profil niecki zdąża do początkowego poziomu odniesienia, jednak przyjmuje się, że w pewnej odległości od granicy eksploatacji, określonej tzw. kątem granicznym β , przemieszczenia już nie występują.

Punkt przegięcia profilu brzeżnej części niecki przesunięty jest w stosunku do granicy eksploatacji, zwykle w kierunku wyeksploatowanej przestrzeni o wielkość, którą wyrazić można zależnością:

$$p = \sqrt{H} \div 0,1H$$

gdzie:

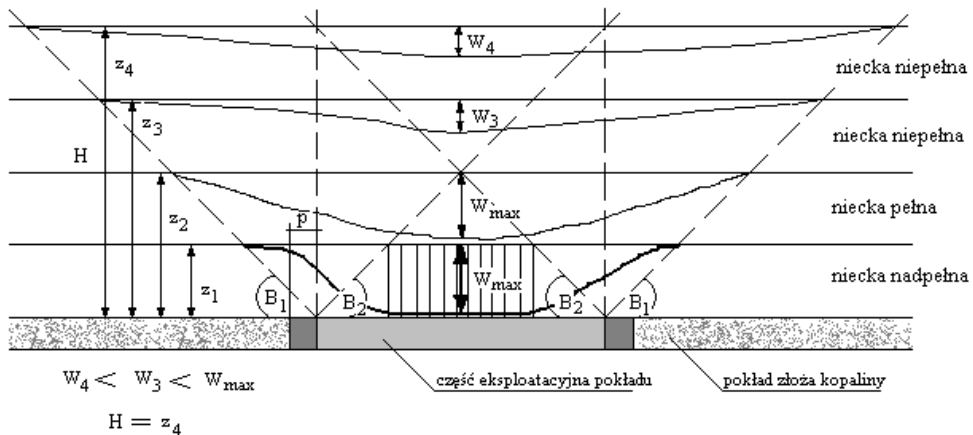
H – głębokość eksploatacji złoza

Obie części niecki zazwyczaj nie są symetryczne i zwykle występuje zależność $\beta_1 < \beta_2$. Wynika stąd, że część wypukła brzegu niecki, położona ponad calizną, jest bardziej rozwinięta i płaska, a część wklęsła nad wyeksploatowaną partią jest krótsza i bardziej stroma.

Przedstawiony obraz kształtowania się wpływów eksploatacji podziemnej odnosi się do wpływów bezpośrednich i może ulec mniejszym lub większym deformacjom pod wpływem różnych czynników środowiska. Deformacje terenu górniczego powinny być oceniane zawsze w powiązaniu z obiektami znajdującymi się na powierzchni: to bowiem co jest nieduże pod względem deformacji dla jednego obiektu, może okazać się nawet niszczące dla drugiego. Można mówić o małych lub dużych deformacjach terenu, ale nie w oderwaniu, lecz w pełnej łączności z obiektami. Najczęściej chodzi tu o deformacje ograniczone wytrzymałością lub statecznością obiektów albo ich elementów.

2.8. Filary ochronne

W górnictwie podziemnym stosuje się rozmaite systemy wybierania kopaliny użytecznej. Za racjonalny uważa się system, którego zastosowanie w danych warunkach pozwala na zachowanie pełnego bezpieczeństwa i dużej wydajności pracy przy najmniejszych kosztach produkcji, możliwie największej koncentracji robót oraz



Schemat 9. Kształtowanie się niecek obniżeniowych na różnych poziomach w górotworze (Knothe, 1984)

najmniejszych stratach kopaliny. Zasadniczo systemy oparte są o technikę z filarem ochronnym.

Filar górniczy jest częścią złoża (pokładu) pozostawionego (czasowo wyłączony z eksploatacji) dla ochrony obiektów położonych na powierzchni lub pod ziemią, także dla zabezpieczenia wyrobisk górniczych przed zagrożeniami wodnymi, gazowymi i pożarowymi (Schemat 10). Obszar ten powinien być na tyle duży, aby eksploatacja prowadzona poza jego granicami nie wpływała szkodliwie na obiekty powierzchniowe lub podziemne, a prowadzenie eksploatacji w obrębie tego obszaru mogło mieć miejsce pod rygorami zapewniającymi minimalizację wpływów eksploatacji na obiekty do wielkości dopuszczalnych.

W zależności od celu, jakiemu służą filary dzieli się je na: ochronne, oporowe, bezpieczeństwa i graniczne. Filary ochronne służą zabezpieczeniu obiektów naziemnych i podziemnych przed wpływami eksploatacji górniczej. Wyznaczane są pod kątemi, których wielkości zależą od (Knothe, 1984) własności górotworu (różne kąty w nadkładzie czwartorzędowym, w triasie i w karbonie); od kąta nachylenia warstw; od stopnia czułości obiektów, dla których filar jest wyznaczany; wielkości pasów ochronnych pozostawionych wokół obiektu; wyznaczenia filaru od granicy pasa ochronnego lub też pozostawienia pasów ochronnych w poszczególnych pokładach; właściwego określenia odległości granic filaru w poszczególnych pokładach, tak by sumaryczne deformacje na granicy obszaru chronionego nie przekraczały dopuszczalnych dla chronionego obiektu; głębokości zalegania pokładu; grubości pokładu; sposobu eksploatacji, który wpływa na wielkość współczynnika osiadania.

Projektowanie i prowadzenie eksploatacji w filarach ochronnych wymaga stosowania zasady **nieprzekraczania dopuszczalnych dla obiektów bezpiecznych wielkości wpływów eksploatacji**. Wielkości te powinny mieścić się w granicach ustalonych przez odpowiednich specjalistów z zakresu budownictwa, technologii inżynierskich, energetyki itp.

Eksploatacja w filarach ochronnych określana jest jako eksploatacja częściowa złoża, w której odpowiednio dobiera się wymiary partii wybranych i pozostawionych złoża oraz ich wzajemne rozmieszczenie. Przykładowe układy eksploatacji częściowej złoża ilustruje Schemat 11.

2.9. Front eksploatacyjny

Wielkość odkształceń, jakim podlega obiekt gdy przechodzi pod nim front eksploatacyjny, może być zmniejszona przez odpowiednie ukształtowanie frontu eksploatacyjnego (Batkiewicz, 1965). Front eksploatacyjny może być ukształtowany w formie wypustki lub wnęki (Schemat 12 i 13).

Obiekt podlega równoczesnemu oddziaływaniu odkształceń wywołanych frontem prostoliniowym i **wypustką** eksploatacyjną lub odkształceń wywołanych frontem eksploatacyjnym i **wnęką** eksploatacyjną. Ponadto:

- obiekt, pod którym przesuwa się front eksploatacyjny powinien znajdować się nad środkiem frontu;

- długość frontu A–B powinna być tak duża, by chwilowe granice eksploatacji g' i g'' , były od krawędzi obiektu oddalone przynajmniej o wielkość promienia zasięgu wpływów głównych, określonego równaniem:

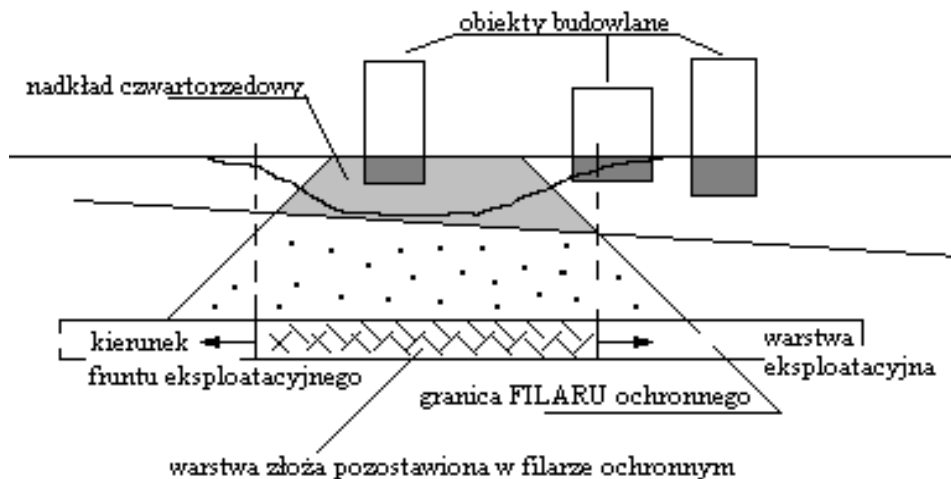
$$r = \frac{H}{\operatorname{tg}\beta}$$

- i nie znajdowały się w obrębie filaru ochronnego. Jeśli filar ochronny jest zbyt duży wówczas eksploatację prowadzi się kilkoma ścianami, tak zwanym **frontem ustępliwym**, z możliwie małymi wyprzedzeniami między poszczególnymi ścianami o szerokości mniejszej od 30 m;
- w przypadku jednoczesnego wybierania kilku pokładów lub warstw jednego pokładu, należy zachować minimalną odległość l między frontami, w dwu kolejno wybieranych pokładach zalegających na głębokościach H_1 i H_2 , określoną równaniem:

$$l = 0,4 (r_1 + r_2) = 0,4 \frac{H_1 + H_2}{\operatorname{tg}\beta}$$

Jej zachowanie zapobiega (minimalizuje) zjawisku sumowania się wpływów poszczególnych pokładów (warstw), a nawet może wpłynąć na zmniejszenie kompensacji wpływów eksploatacji przez odpowiednie wzajemne usytuowanie frontów eksploatacyjnych i granic eksploatacji w poszczególnych pokładach (warstwach).

Wielkość niecki osiadania zależy od długości eksploatowanej ściany. Z uwagi na usytuowanie obiektów na powierzchni terenu wprowadza się zmiany frontu



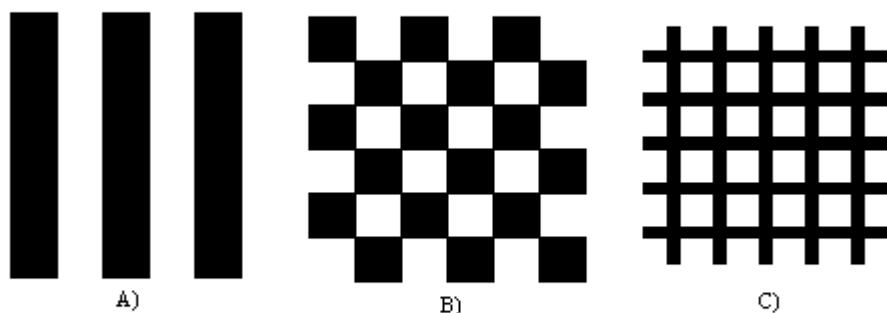
Schemat 10. Schemat filaru ochronnego i niecki obniżeniowej pod obiektami budowlanymi (Ledwoń, 1983)

eksploatacji podczas postępu ścian. Zmiana frontu eksploatacji powoduje, że jedne ściany są eksploatowane szybciej, a drugie wolniej. Prowadzi to do zmiany ogólnego kierunku frontu eksploatacji danego pokładu – odpowiednio do wymagań budowlanych. Może wystąpić sytuacja, że eksploatacja prowadzona jest w dwóch przeciwnych kierunkach.

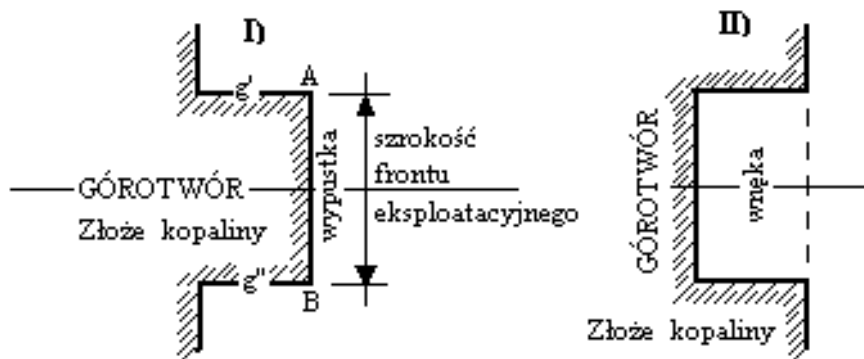
2.10. Obudowa kopalniana

Obudowa kopalniana stanowi formę zabezpieczenia wyrobisk górniczych przed skutkami ciśnienia górotworu, na przykład zaciskaniem czy zawaleniem wyrobiska. Jest także pewną formą ochrony przed przedostawaniem się do wyrobiska wody lub ognia.

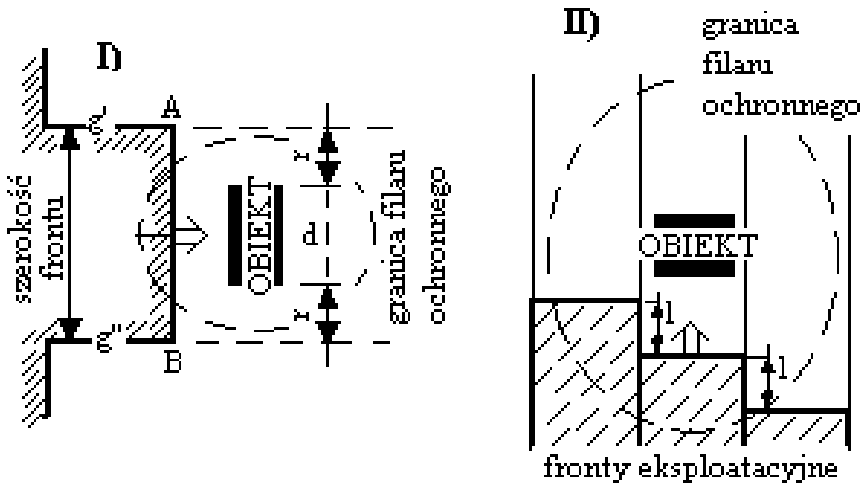
Obudowę wyrobiska stanowi zespół zamontowanych w wyrobisku elementów (stojaki, stropnice) wykonanych z różnego rodzaju materiałów. Rodzaj zastosowanej obudowy w wyrobisku zależy od wielkości ciśnienia górotworu, rodzaju skał



Schemat 11. Eksploatacja częściowa złoża: A) pasami, B) w szchownicę, C) siecią chodników (Ledwoń, 1983)



Schemat 12. Schemat frontu eksploatacyjnego z I – wypustką i II – wnęką (Knothe, 1984)



Schemat 13. Usytuowanie frontu eksploatacji (Knothe, 1984):

I – względem obiektu; II – w filarze ochronnym

r – promień zasięgu wpływów głównych eksploatacji górniczej;

l – odległość między frontami

otaczających wyrobisko, wielkości wyrobiska, czyli jego rozmiarów, a także przeznaczenia wyrobiska i czasu trwania jego eksploatacji. Wyróżnia się następujące rodzaje obudowy kopalnianej:

- **Obudowa wyrobiska murowana:** mury wykonuje się z kamienia łamanego, cegły lub betonitów. Obudowa jest bardzo wytrzymała, wodoszczelna i ogniodoporna.
- **Obudowa stalowa:** jest powszechnie stosowana przy ścianowym systemie eksploatacji kopalni. Podstawowymi elementami tej obudowy są stalowe stropnice i stojaki sztywne lub podatne. Obudowa stalowa ma bardzo dużą wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie. Ta obudowa ma dominujące znaczenie przede wszystkim w górnictwie węglowym.
- **Zmechanizowana obudowa stalowa przesuwana, nazywana krocząca:** rozpowszechniona jest przy ścianowym systemie eksploatacji. Jej zasadniczymi elementami podporowymi są stojaki hydrauliczne. Istotną zaletą tej obudowy jest łatwość zabudowy wyrobiska i rabowania oraz możliwość wielokrotnego użycia, nawet do około 400 razy.
- **Obudowa kopalniana mieszana:** to obudowa oparta na łączeniu ze sobą elementów drewnianych ze stalowymi lub elementów murowanych ze stalowymi. Wykonywana jest w wyrobiskach, w których ciśnienie górotworu działa tylko od strony stropu wyrobiska (ciśnienie skał nadległych).
- **Obudowa kopalniana żelbetowa:** wykonywana jest przede wszystkim w wyrobiskach o dużym przekroju poprzecznym oraz przy dużym i nierównomiernie działającym ciśnieniu górotworu.

2.11. Podsadzki górnicze

Połączenie podsadzania z kierowanym frontem eksploatacji daje duże możliwości wpływania na deformacje występujące na powierzchni.

Podsadzanie to metoda wypełniania materiałem płonny, tak zwaną podsadzką, wyrobisk w kopalni podziemnej, po wybraniu z niej kopaliny użytecznej.

Podsadzanie stosowane jest w celu przeciwdziałania nadmiernym spękaniami lub zapadnięciom się nadległych warstw skalnych, co chroni obiekty budowlane posiadane na powierzchni terenu oraz wyżej leżące części złoża. Podsadzkę stosuje się także przy wybieraniu grubych pokładów kopaliny użytecznej kilkoma warstwami. *Zmniejszenie wielkości współczynnika osiadania, a więc zmniejszenie proporcjonalnych do niego wielkości przemieszczeń i deformacji uzyskuje się przez odpowiednią ochronę stropu, przy czym najczęściej stosowanym sposobem tej ochrony jest podsadzanie pustek poeksploatacyjnych podsadzką suchą, a przede wszystkim podsadzką hydrauliczną* (Knothe, 1983).

Jakość podsadzki ocenia się ze względu na jej ściśliwość oraz szczelność podsadzenia. **Szczelność podsadzenia** zależy od takich czynników, jak: rodzaj materiału podsadzkowego, uziarnienie materiału podsadzkowego, struktura stropu pokładu, pochylenie pokładu, dokładność podsadzenia.

W zależności od stopnia wypełnienia wyrobiska wyróżnia się podsadzkę **częściową** i **pełną**. Stopień wypełnienia w istotny sposób wpływa na stopień ściśliwości podsadzki. **Ściśliwość podsadzki** określa się stosunkiem grubości pokładu podsadzkowego do grubości tego pokładu po zaciśnięciu (stężeniu podsadzki). Zależy ona od sposobu wykonania podsadzki, rodzaju materiału podsadzkowego, kąta pochylenia pokładu i głębokości jego zalegania.

Dokładność podsadzania wyraża się w możliwie całkowitym wypełnieniu wybranej przestrzeni materiałem podsadzkowym pod sam strop. Niedosadzone kliny pod stropem, tzw. „zera podsadzkowe” przy granicy pasa podsadzkowego powinny być zamulane przy podsadzaniu następnego pasa.

Podsadzka sucha: jest to metoda polegająca na wypełnieniu pustek skalnych materiałem podsadzkowym bez stosowania wody. Materiałem podsadzkowym jest zazwyczaj skała płonna pochodząca z kopalni, lokowana w starych zrobach dla ograniczenia jej składowania na hałdach. Podsadzka sucha może być wykonana:

- **ręcznie:** przez zapychanie lub założenie wyrobiska materiałem skalnym.
- **pneumatycznie,** za pomocą maszyn zwanych podsadzarkami, jako podsadzka (Schemat 14.):
 - **dmuchana:** wykonana przez wypełnienie wyrobiska drobnymi kamieniami transportowanymi sprężonym powietrzem;
 - **miotana:** wykonana przez mechaniczne wrzucanie materiału skalnego do wyrobiska.

Tego typu podsadzanie jedynie w nieznacznym stopniu chroni warstwy stropowe, a duża jej ściśliwość i niedokładne wypełnienie pustek są powodem dużych wartości współczynnika osiadania. Dla podsadzki suchej: $a = 0,3 \div 0,7$.

Podsadzka hydrauliczna: jest to metoda stosowana do wypełniania starych zrobów. Materiałem wypełniającym jest mieszanina ciała stałego i wody. Najczęściej materiałem podsadzkowym jest piasek lub piasek z dodatkiem kamienia, ewentualnie żwiru, w stosunku 1 : 1 (50% każdej substancji). Materiałem podsadzkowym mogą być także odpady, jak np.: żużle, skała płonna, odpady przemysłowe.

Transport materiału podsadzkowego, w postaci mieszaniny piasku i wody, odbywa się rurociągami do podsadzanej pustki. Tutaj materiał ulega sedymentacji. Odsączona woda spływa do osadników podsadzkowych, skąd jest wypompowywana i kierowana z powrotem do układu technologicznego – jest to tzw. zamknięty obieg wody technologicznej.

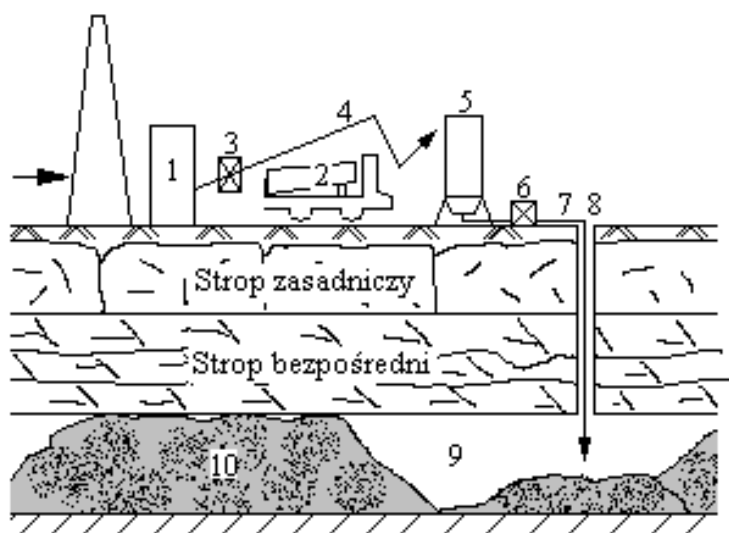
Ilość piasku użytego na podsadzkę hydrauliczną ocenia się na około $0,9 \text{ m}^3$ na tonę wydobytej kopaliny, np. węgla kamiennego (Ledwoń, 1983). Przy małym nachyleniu pokładu występują utrudnienia w osadzaniu się piasku i podsadzka jest bardziej ściśliwa. Piasek z małą zawartością domieszek ilastych daje podsadzkę najmniej ściśliwą. Współczynnik osiadania przy takiej podsadzce zawiera się w granicach: $a = 0,08 \div 0,25$. Najmniejszy współczynnik osiadania występuje przy częściowym – w $50 \div 60\%$ – wybieraniu pokładu *pasami* szerokości około 30 m, z pozostawieniem niewybranych filarów tej samej szerokości. Przy mniejszych głębokościach wybierania złoża: $H < 150 \text{ m}$, szerokość wybieranych pasów zmniejsza się, a procent wybrania złoża może ulec zwiększeniu do 60%.

Podsadzka utwardzona (betonowa): związana jest z *własnościami masywu podsadzkowego*. *Mówimy o takiej podsadzce wtedy, gdy masyw po założonym czasie posiada wytrzymałość mechaniczną. Podsadzka, zgodnie ze swoim podstawowym celem, dzięki tym własnościom, powinna podierać strop tak, aby umożliwić bezpieczną eksploatację. (...) Mieszaninę podsadzkową tworzy się z wypełniaczy i materiałów wiążących. Materiały wiążące zapewniają uzyskanie przez masyw podsadzkowy własności mechanicznych* (Mazurkiewicz, 1997). Najczęściej są to: cement portlandzki i hutniczy, anhydryt, gips, wapno, kompozyty, żużle hutnicze. Wypełniacze nie biorą udziału w reakcjach wiązania, lecz wpływają na własności wykonanego masywu podsadzkowego, szczególnie na jego wytrzymałość. Proces wiązania przyspiesza dodatek materiałów uszlachetniających, jak np. chlorków, alkaliów i ich soli, azotanów i azotynów. Podsadzkę betonową stosuje się w kopalnictwie rud metali. Jest to podsadzka bardzo mało ściśliwa (około 2%).

Pojęcie podsadzki utwardzonej odnoszone jest także często do podsadzek, których celem nie jest podtrzymanie stropu dla bezpiecznej eksploatacji, lecz wypełnienie pustki i zabezpieczenie w ten sposób powierzchni terenu. Podsadzki te dla odróżnienia nazywa się mieszaninami lub zawiesinami tężącymi.

Przykładowy schemat podsadzania wyrobiska górniczego ilustruje Schemat 14.

Zabezpieczone stropy wyrobisk mają zapewnić dalszą bezpieczną eksploatację, możliwość wybierania grubych złóż warstwami, minimalizację strat i zubożenia oraz zmniejszenie deformacji powierzchni.



Schemat 14. Schemat układu pneumatycznego podsadzania popiołami lotnymi w ścianowym systemie eksploatacji (Mazurkiewicz, 1997):

1 – stacja pośrednia w elektrowni; 2 – samochód cysterna; 3 – zespół pomp zbiornikowych; 4 – rurociągi; 5 – zbiornik pośredni; 6 – zespół pomp zbiornikowych; 7 – rurociąg podsadzkowy; 8 – otwór podsadzkowy; 9 – podsadzana pustka; 10 – stożki podsadzki

Inne formy stabilizacji masywów skalnych

Stabilizacja masywów skalnych polega na stosowaniu różnych sposobów utrzymania lub polepszenia naturalnych właściwości fizycznych i mechanicznych skał, w zależności od celu jakiego ma służyć. Obserwacja zachowania się skały pod obciążeniem wskazuje na to, że po przekroczeniu wytrzymałości maksymalnej następuje na ogół szybkie zmniejszanie się wytrzymałości. Sposoby utrzymania naturalnych właściwości skał powinny być tak dobrane, aby nie dopuścić do dużych odkształceń (przemieszczeń) lub ograniczyć je oraz zapewnić możliwość szybkiego podparcia masywu skalnego w trakcie wybierania skały.

W przypadku wyrobisk podziemnych, które często nie są drażone całym przekrojem, lecz pewnymi jego częściami, ważnym zagadnieniem jest dokładne określenie kolejności drażenia wyrobiska. Jeśli masyw skalny jest stosunkowo jednorodny i skały są niezbyt twarde i ścieralne, stosuje się specjalne urządzenia drażące wyrobisko całym przekrojem, których zaletą jest nienaruszenie stanu naturalnego masywu skalnego. Obudowa wyrobiska wykonana bezpośrednio po jego wydrażeniu jest częściej profilaktycznym środkiem przeciwko dezintegracji skał niż podparciem przenoszącym ciśnienie skały. Wykonuje się ją z kotew, siatek drucianych i betonu natryskowego. Czasami stosuje się stalowe żebra dla przenoszenia momentów zginających wywołanych lokalnymi obciążeniami i stanowiących dodatkowo opór

przeciw ścinaniu. Przy dużym nawodnieniu masywu skalnego, wykonuje się również drenaż.

Występujące w masywach skalnych liczne spękania zmniejszają wytrzymałość, zwiększają wodoprzepuszczalność i powodują powstawanie ciśnień hydrodynamicznych zmniejszających ich stateczność, jak również mogą być powierzchniami, po których nastąpi poślizg większych lub mniejszych bloków skalnych. W związku z tym projektowanie budowli naziemnych lub podziemnych związane jest niemal zawsze z określeniem sposobów polepszenia właściwości masywów skalnych lub niedopuszczenia do naruszenia ich równowagi.

Sposoby mające na celu polepszenie właściwości skał można podzielić na dwie grupy.

Jedna z nich obejmuje sposoby ulepszania takich właściwości skał, jak np. szczelność, wytrzymałość, moduł odkształcenia. Do tej grupy zalicza się przede wszystkim iniekcje zaczynów cementowych oraz w szczególnych przypadkach zamrażanie (np. przy drażeniu szybów). Druga grupa obejmuje sposoby modyfikacji – między innymi pola naprężeń w masywie skalnym, np. drenowanie i zakotwienie. Do tej grupy zabezpieczeń można zaliczyć wykonywanie przesłon uszczelniających w podłożach (np. zapór wodnych).

W celu dokładnego rozpoznania budowy geologicznej, dla zaproponowania właściwej metody wzmocnienia górotworu, prowadzi się w pierwszym etapie stabilizacji – rdzeniowanie otworów, w celu określenia stanu górotworu i ułatwienia doboru rodzaju zaczynu uszczelniającego. W miejsce powszechnych badań wodochłonności górotworu stosuje się, w zależności od wyników rdzeniowania, pomiar chłonności z użyciem zaczynu cementowego (zamiast wody) i jednocześnie sprawdzenie skuteczności przeprowadzanych prac uszczelniających górotwór (Gonet, Stryczek; 1995). Zadaniem zaczynu cementowego jest ograniczenie wtłaczania wody w górotwór i zapewnienie szczelności układu cement–skała.

Technologie wykonania iniekcji otworowych różnią się w zakresie konstrukcji otworów, parametrów reologicznych i technologicznych zaczynów uszczelniających, kolejności wykonywania prac iniekcyjnych i dopuszczalnych ciśnień zatłaczania zaczynu uszczelniającego. Zasięg iniekcji zależy od właściwości hydraulicznych skał górotworu, a zwłaszcza wielkości i drożności kanalików kapilarnych. W górotworze o bardzo drobnym uziarnieniu woda błonkowa, związana siłami molekularnymi z powierzchnią ziarn mineralnych, ogranicza czynny przekrój kapilar i przez to zaczyny uszczelniające nie mogą przemieszczać się, bądź przemieszczają się z trudem w tego rodzaju środowiskach. Stąd przy niskich współczynnikach przepuszczalności skał górotworu wtłaczanie zaczynu może być niemożliwe (Wójcik, Knez; 1995).

Do umacniania i uszczelniania nieprzepuszczalnego i trudnoprzepuszczalnego górotworu wykorzystuje się zjawiska elektrokinetyczne, metody hydraulicznego szczelinowania skał czy efekty ciśnieniowo-strumieniowego wtłaczania cieczy w górotwór. Polegają one na wstrzykiwaniu pod ciśnieniem środków wiążących przez rury iniekcyjne zaopatrzone w jedną dyszę, przy równoczesnym stałym podnoszeniu rury. Strumień cieczy tnie skały górotworu energią wypływającej strugi

na odległość zależną od ciśnienia iniekcji i własności środowiska. W wyniku wtłaczania zaczynu iniekcyjnego powstają bryły wzmocnionej skały tworzące, przy odpowiednim rozmieszczeniu rur iniekcyjnych, szczelne ekrany (Wójcik, Knez; 1995).

2.12. Wpływy dynamiczne eksploatacji górniczej

Rozróżnia się następujące wpływy eksploatacji podziemnej:

- **bezpośrednie:** powstają w wyniku wypełniania pustki poeksploatacyjnej poprzez jej zaciskanie, wypełnianie załamującymi się skałami stropowymi;
- **pośrednie:** występują jako zjawisko towarzyszące przemieszczeniom. Do nich należą przemieszczenia i deformacje spowodowane odwadnianiem górotworu i zmianami stosunków wodnych, a także zmiany własności budowlanych podłoża gruntowego, co może być przyczyną dodatkowych przemieszczeń posadowionych na powierzchni obiektów, a także naruszeniem stateczności zboczy itp.;
- **wtórne:** występują w wyniku aktywacji nie w pełni ujawnionych wpływów dawnych eksploatacji zawałowych. Wpływy dawnych eksploatacji wywołane są aktualnie prowadzonym wydobywaniem kopalin. Mogą się przejawiać na powierzchni intensywniej niż aktualnie prowadzona eksploatacja z podszadką (np. hydrauliczną), a nachylenia mogą wystąpić w przeciwnym kierunku niż są spodziewane (teoretycznie).

Wpływy pośrednie i wtórne mogą w sposób istotny oddziaływać na proces przemieszczeń, deformując nieckę powstającą w wyniku bezpośrednich wpływów eksploatacyjnych.

Zawały

Prowadzenie eksploatacji bez podsadzania wyrobisk prowadzi do powstawania zawałów. Ledwoń (1983) uważa, że *eksploatacja zawałowa jest bezpieczniejsza ze względu na tąpnięcia i wstrząsy wywołane pękaniem skał, głównie w nadkładzie, lub występujące przy nagłym zginięciu pokładu. (...) nieskrepowana eksploatacja pod ziemią wywołuje (...) znacznie zwiększone deformacje powierzchni terenu; ułatwienia dla górnictwa powodują duże utrudnienia ochrony powierzchni.*

Wstrząsy skorupy ziemskiej mogą pochodzić od tąpnięć, pękania skał i robót strzałowych. Zwiększenie energii tąpnięć i wstrząsów przy eksploatacji na dużych głębokościach oraz zwiększenie energii robót strzałowych (przygotowawczych lub wydobywczych) prowadzi do znacznego zwiększenia wpływów o charakterze sejsmicznym.

Wstrząsy podziemne

Wstrząsy podziemne występują jako naturalne wstrząsy sejsmiczne typu tektonicznego, jako tąpnięcia oraz wstrząsy prowadzące do pękania twardych skał przy ich deformacjach przekraczających naprężenia graniczne. Mogą być też wywołane robotami strzałowymi.

Tąpnięcia

Tąpnięcie jest to gwałtowne zniszczenie struktury warstwy pokładu lub skał wywołane naprężeniami. Ze względu na miejsce występowania wyróżnia się:

- **tąpnięcie stropowe** (nadkładowe), któremu nie musi towarzyszyć zniszczenie pokładu złoża,
- **tąpnięcie pokładowe i tąpnięcie spągowe**, którym towarzyszy wyrzut skał do wyrobiska.

Tąpnięcie może być porównane ze słabym i płytkim wstrząsem sejsmicznym. Wpływ tąpnięć na obiekty powierzchniowe i podziemne oraz dla projektowania zabezpieczeń antysejsmicznych określają takie parametry, jak prędkość i częstość ruchu gruntu, przyspieszenie tego ruchu, prędkość fal i ich długość, energia wstrząsu.

Dla ustalenia intensywności trzęsień Ziemi określono odpowiednie skale, które charakteryzują wstrząsy pod względem ich odczuwania przez ludzi oraz szkodliwości dla obiektów. Jedną ze skal jest skala intensywności MSK dla budowli przyjęta na Międzynarodowej Konferencji UNESCO poświęconej zagadnieniom ochrony antysejsmicznej budowli (UNESCO – SEJSM – 1964). W skali tej wprowadzono wpływ częstości drgań na wielkość charakterystyk dynamicznych, uwzględniający dwa zakresy częstości: od 0,5 do 2 Hz i od 2 do 10 Hz. Tabela 7 przedstawia stopnie intensywności i wielkości przyspieszeń dla obu zakresów częstości drgań podłoża oraz prędkości przemieszczeń gruntu podczas drgań sejsmicznych o dłuższych okresach.

Wielkość trzęsienia ziemi, czyli magnitudę, wprowadza skala **Richtera**. Pozwala ona ocenić wielkość trzęsienia ziemi w ognisku na podstawie maksymalnej amplitudy poziomej, według zapisu na standardowym sejsmografie Wooda–Andersona. Magnituda ogniska równa się w tym przypadku logarytmowi dziesiętnemu maksymalnej amplitudy zapisu, wyrażonej w mikrometrach, którą zarejestrował standardowy sejsmograf w odległości 100 km od epicentrum (Fajkiewicz, 1972). Na podstawie zakresu magnitudy ocenia się charakter wstrząsu. Zarejestrowane słabe ogniska mają magnitudę 0, słabo odczuwalne – 1,5. Ogniska o magnitudzie 3 odczuwalne są w strefie o promieniu około 20 km. Trzęsienia ziemi o magnitudach 4,5 mogą wywoływać uszkodzenia na ograniczonych terytoriach. Magnitudzie 7,5 odpowiadają trzęsienia o charakterze katastrofalnym. Największe kataklizmy charakteryzuje magnituda zbliżona do 9. Magnitudy wyższe od 9 mogą być spowodowane wybuchami wulkanicznymi.

Skala Richtera jest skalą dziesięciostopniową i z tego powodu uważana jest za obiektywną, bo instrumentalną, w zakresie od 0 do 9 magnitud. Zależność pomiędzy magnitudami i energiami ilustruje Tabela 8.

Do praktycznego stosowania wykorzystuje się **współczynnik sejsmiczności k** (zaproponowany w 1900 roku przez Japończyka Omori): określa on stosunek przyspieszenia powierzchni terenu \ddot{a} przy danym wstrząsie do przyspieszenia ziemskiego g , według równania:

$$k = \frac{\ddot{a}}{g}$$

Przyspieszenie powierzchni terenu \ddot{a} określa równanie:

$$\ddot{a} = (0,4 - 0,8) \sqrt[3]{E} \text{ [mm/s}^2\text{]}$$

gdzie: E – energia wstrząsów na powierzchni.

Prędkości fal sejsmicznych V zależą od odległości ogniska wstrząsu od stacji pomiarowej i wynoszą:

- dla fal podłużnych: $3,0 \div 4,6$ km/s;
- dla fal poprzecznych: $1,7 \div 2,7$ km/s;
- dla fal powierzchniowych: $1,1 \div 1,5$ km/s.

Wstrząsy od tąpnięć dzieli się na trzy **grupy energetyczne**, określone magnitudą M , jako:

- słabe: dla $M \leq 2,0$;
- średnie: dla $2,0 < M < 2,5$;
- silne: dla $M \geq 2,5$.

Wstrząsy słabe nie są odczuwane przez człowieka, tylko mierzone na sejsmografie (natężenie $\leq 2^\circ$ w skali MSK, $\ddot{a} \leq 25$ mm/s², $E \leq 10^3$ J).

Wstrząsy średnie są odczuwalne przez ludzi (natężenie: $\leq 4^\circ$ w skali MSK; $\ddot{a} \leq 120$ mm/s²; $E \leq 10^4 \div 10^7$ J).

Wstrząsy silne wykazują natężenie: $5 \div 6^\circ$ w skali MSK; $\ddot{a} = 250 \div 750$ mm/s² i $E \leq 10^8 \div 10^9$ J.

Wstrząsy wywołane robotami strzałowymi

Materiały wybuchowe stosowane są w górnictwie do robót przygotowawczych i do urabiania złoża. Ich stosowanie wiąże się z gwałtownym uwalnianiem energii.

Energia wybuchu zależy od ciężaru materiału urabianego Q , jego ciepła spalania c oraz liczbowej wielkości mechanicznego równoważnika ciepła χ i określona jest wzorem:

$$E_0 = \chi \cdot c \cdot q \text{ [J] przy czym } \chi \approx 1$$

Tabela 7. Skala MSK dla budowli (Ledwoń, 1983)

Stopień intensywności	Charakterystyka trzęsień Ziemi	Przyspieszenie \ddot{a} [mm/s ²] dla $T = 0,1 \div 0,5$ [s]	Prędkość v [mm/s] dla $t = 0,5 \div 2,5$ [s]
1.	nieodczuwalne	5 ÷ 12	do 1,2
2.	bardzo słabe	12 ÷ 25	1,2 ÷ 2,5
3.	słabe	25 ÷ 50	2,5 ÷ 5
4.	średnie	50 ÷ 120	5 ÷ 10
5.	dość silne	120 ÷ 250	11 ÷ 20
6.	silne	250 ÷ 500	21 ÷ 40
7.	uszkodzające budynki	500 ÷ 1 000	41 ÷ 80
8.	niszczące budynki	1 000 ÷ 2 000	81 ÷ 160
9.	ogólnie uszkodzające budynki	2 000 ÷ 4 000	161 ÷ 320
10.	ogólnie niszczące budowle	4 000 ÷ 8 000	321 ÷ 640

Energia sprężysta, która objawia się w postaci wstrząsu, wynosi tylko około $0,3 \div 1,0\% E_0$ (w zależności od rodzaju nadkładu).

Z wielkości ładunku i odległości od powierzchni można obliczyć **prędkość przemieszczeń gruntu** na podstawie wzoru:

$$v = 3000 \sqrt{\frac{Q}{10 R^3}} \quad [\text{mm/s}]$$

Amplitudy wstrząsu górniczego dla liniowego równoważnika trotylowego określa wzór:

$$a = 0,01 \sqrt[3]{\frac{Q^2}{100 R}} \quad [\text{mm}]$$

$$\text{lub } a = a \sqrt{\frac{Q \cdot 0,1}{R}} \quad [\text{mm}]$$

gdzie:

$a=0,5$ dla czwartorzędu,

$a=1,0$ dla triasu,

$a=2,0$ dla karbonu.

Wstrząsy pochodzące od pękania skał

Wstrząsy od tępian i pękania skał mieszczą się w przedziale między naturalnymi wstrząsami tektonicznymi i wstrząsami od działania materiałów wybuchowych skoncentrowanych teoretycznie punktowo.

Przyspieszenia \ddot{a} wyznacza się ze związku:

$$\ddot{a} = 4\pi^2 \frac{a}{T^2}$$

gdzie: T – przyjmuje się dla fali powierzchniowej

Częstotliwość wstrząsów zależy od ładunku $f = \frac{1}{T}$.

Zależność okresów od ładunku wynosi:

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt[3]{\frac{Q_1}{Q_2}}$$

Tabela 8. Zależność magnitudy i energii (Ledwoń, 1983)

Magnituda [jej zakres]	Energia odpowiadająca zakresowi magnitudy [J]	Magnituda [jej zakres]	Energia odpowiadająca zakresowi magnitudy [J]
0 ÷ 1	$0 \div 10^4$	5 ÷ 6	$10^{12} \div 10^{14}$
1 ÷ 2	$10^4 \div 10^6$	6 ÷ 7	$10^{14} \div 10^{15}$
2 ÷ 3	$10^6 \div 10^8$	7 ÷ 8	$10^{15} \div 10^{17}$
3 ÷ 4	$10^8 \div 10^{10}$	8 ÷ 9	$10^{17} \div 10^{19}$
4 ÷ 5	$10^{10} \div 10^{12}$	9 ÷ 10	$10^{19} \div 10^{20}$

2.13. Metan w pokładach złóż węgla

W złożach węgla kamiennego występują duże ilości gazów złożowych, które stanowią główne zagrożenie dla bezpieczeństwa prac górniczych. Podstawowym ich składnikiem jest metan (CH_4), będący produktem procesu uwęglenia substancji organicznej tworzącej pokłady węgla i który kwalifikuje pokład jako **gazowy**. Przekształcenie wyjściowej substancji organicznej w gaz jest bardzo złożone i obejmuje stadia typu biochemicznego i geochemicznego, a także szereg skomplikowanych procesów zachodzących na przestrzeni milionów lat, w różnych warunkach ciśnienia i temperatury. Przeobrażenie substancji organicznej w gaz ziemny obejmuje trzy podstawowe stadia:

1. **Diagenezę**, polegającą na chemicznych, mineralnych i fizycznych zmianach w osadzie organicznym po jego złożeniu. Temperatura przeobrażeń jest na tyle niska (około $50 \div 60^\circ\text{C}$), że nie przebiega tu termiczny rozkład osadzanego materiału. Substancja organiczna przekształca się w kerogen, którego cząsteczki typu sapropelowego wykazują stosunek liczby atomów $\text{H} : \text{C} > 1$ i zawartość wodoru powyżej 6%, zaś cząsteczki typu humusowego wykazują stosunek $\text{H} : \text{C} < 0,9 \div 0,8$ i zawartość wodoru $3 \div 5\%$. Kerogen jest substancją macierzystą naftydów.
2. **Katagenezę**, czyli dalszy rozkład substancji organicznej w podwyższonej temperaturze (około 200°C) i ciśnieniu. Na tym etapie następuje intensywne dojrzewanie kerogenu, będące stopniową, długotrwałą jego przemianą w węglowodory. Jest to przedział czasowo-przestrzenny, w którym powstaje około 90% węglowodorów zawartych w gazie ziemnym.
3. **Metamorfizm**, który jest ogółem skomplikowanych procesów przemian fizycznych i chemicznych zachodzących w temperaturze powyżej 200°C .

Wymienione stadia przemiany organicznej są oddzielone granicami temperaturowymi związanymi z głębokością zalegania. W miarę wzrostu głębokości zalegania pokładu rośnie temperatura, przy czym gradient wzrostu temperatury zależy jest od warunków litologicznych i wynosi od 2 do $5^\circ\text{C}/100 \text{ m}$.

Pokład gazowy powstaje w wyniku istnienia odpowiednich form strukturalnych, takich jak:

- istnienie skały zbiornikowej o określonej objętości wolnych przestrzeni w postaci porów i szczelin;
- odpowiednio grube, nieprzepuszczalne utwory skalne, które tworzą „pułapkę” i uniemożliwiają ucieczkę gazu ziemnego;
- zaporę zatrzymująca płyn złożowy wędrujący ku górze, jak np. utwór skalny o zmniejszonej porowatości i przepuszczalności.

Istotnym elementem złoża gazowego jest istnienie skały zbiornikowej (kolektorowej) o odpowiedniej przestrzeni wolnych porów, zdolnych do zatrzymania płynu złożowego. Kolektor musi tworzyć „pułapkę”, wówczas skały sąsiadujące są nieprzepuszczalne i zapobiegają dalszej migracji gazów. Zdolność pułapki do zatrzymania płynu złożowego może być zmienna w czasie i zależeć od właściwości

fizykochemicznych skały będącej kolektorem i skał otaczających oraz od warunków hydrodynamicznych. Kolektor (pułapka) nie jest biernym zbiornikiem płynu złożowego, bowiem należy uwzględnić bilans energetyczny płynu w pułapce i wokół niej.

Pokłady węgla kamiennego znajdują się w nienaruszonym, lecz dynamicznym złożu pod pewnym ciśnieniem złożowym. Podstawowymi czynnikami determinującymi zawartość gazów w pokładach węgla są: stopień zmetamorfizowania węgla; ciśnienie i temperatura; własności fizykochemiczne i petrograficzne węgla; własności sorpcyjne węgla; skład chemiczny gazów, którymi pokład jest nasycony; własności zbiornikowo-filtracyjne węgla, zwłaszcza jego szczelinowatość; obecność szczelnego nadkładu (Rychlicki, Twardowski, 2001). W Tabeli 9 przedstawione są zasoby węgla i metanu w pokładach węgla wybranych krajów świata.

Wynikiem eksploatacji pokładów węgla jest odprężenie i spękanie skał nad- i podległych, a co za tym idzie następuje wielokrotny wzrost przepuszczalności, który pozwala na stosunkowo swobodny przepływ gazów ze strefy odprężonej do wyrobisk ścianowych. Gaz może migrować na duże odległości, aż do momentu przebudowy strukturalnej obszaru. Ruch gazów w horyzoncie zbiornikowym pokładów węgla rozpoczyna się wówczas, gdy siła wypływu gazu przekroczy wartość ciśnień, które przeciwdziałają temu ruchowi. Intensywność migracji zależy od porowatości pokładów, ich przepuszczalności i pojemności sorpcyjnej węgla.

Moment urabiania złoża (ściany) jest momentem kontaktu skały nasyconej gazami z ciśnieniem panującym w wyrobisku górniczym, bliskim ciśnieniu atmosferycznemu, czyli znacznie niższym od pierwotnego ciśnienia panującego w złożu. Gazy zaabsorbowane na cząstkach węgla mogą więc swobodnie wydzielać się i nie ma od tego momentu możliwości odizolowania go od znajdującego się w chodnikach powietrza czystego. Gaz wydobywać się może także z filarów ochronnych oraz z pokładów pozabilansowych, których struktura ulega naruszeniu w trakcie prowadzenia prac górniczych „na zawał”.

W zależności od ilości wydzielającego się gazu rozróżnia się kopalnie:

- **slabo gazowe**, zawierające poniżej 5 m^3 metanu na 1 tonę urobku;
- **średnio gazowe**, o zawartości metanu $5 \div 10 \text{ m}^3$ metanu na 1 tonę urobku;
- **silnie gazowe**, gdy zawartość metanu na 1 tonę urobku przekracza 10 m^3 .

Metanośność pokładów zmienia się zarówno w skali powierzchniowej, jak i głębokościowej. **Odgazowanie wyrobisk** ma na celu odprowadzenie możliwie jak największych ilości tych gazów na powierzchnię lub do takiego punktu w sieci wentylacyjnej kopalni, gdzie nie stanowią zagrożenia wybuchem lub zatruciem.

Zagrożenie gazowe w górnictwie jest zróżnicowane, a gazy kopalniane można podzielić na gazy: **wybuchowe** (po zmieszaniu w proporcjach z powietrzem, stanowiące zagrożenie dla życia); **trujące** (toksyczne); **duszące** (wypierają tlen z powietrza).

Wielkość zagrożenia metanowego w wyrobiskach eksploatacyjnych zależy od ilości metanu wydzielającego się z pokładu eksploatowanego (zarówno z urobku, jak i z urabianego czoła przodku) oraz ilości metanu wydzielającego się z pokładów

sąsiednich (zalegającego w stropie i w spągu, a będących w zasięgu wpływów eksploatacyjnych).

Zjawiska zagrożenia gazowego obejmują:

- **Wybuch gazów**, do którego dochodzi przez zapłon (temperatura samozapłonu jest wyższa od temperatury zapłonu, cała objętość gazu równomiernie się nagrzewa).
- **Dyfuzja gazów**: samorzutne mieszanie się składników danego układu, które występuje jako rezultat chaotycznego ruchu cząstek i atomów. W przypadku gazów chemicznie czystych dyfuzja następuje w rezultacie różnych gęstości gazu i w różnych częściach objętości. Przy mieszaniu gazów kopalnianych wynika ona z różnych koncentracji poszczególnych gazów w różnych częściach objętości.
- **Sorpcja gazów**: polega na wchłanianiu gazów przez sorbenty, którymi nasycone są ciała porowate. Zagęszczenie cząstek gazu na powierzchni nazywa się sorbatem. Przy przenikaniu jednej substancji w drugą występuje zjawisko absorpcji.
- **Desorpcja gazu**: proces odwrotny do sorpcji, dotyczy odłączenia się cząstek gazu z powierzchni adsorbenta i wydzielanie się ich w wyrobisku lub odwiercie.

By możliwe było pozyskiwanie metanu bezpośrednio z pokładów węgla w sposób niemożliwiający jego kontakt i mieszanie się z powietrzem atmosferycznym, konieczne jest wiercenie otworów do tej strefy pokładu, gdzie nie nastąpiła jeszcze desorpcja gazu, albo gdzie z braku przepuszczalności węgla i skał otaczających gaz nie mógł przedostać się na zewnątrz (np. do wyrobisk). Skuteczność odgazowania (odmetanowania) pokładu węgla otworami wiertniczymi uzależniona jest od przepuszczalności węgla i skał otaczających oraz gęstości siatki wierceń.

Tabela 9. Zasoby węgla i metanu w pokładach węgla wybranych krajów świata (Rychlicki, Twardowski, 2001)

Kraj świata	Węgiel [mld ton]	Metan [tryliony m ³]
Rosja	6500	17 ÷ 113
Chiny	4000	30 ÷ 79
USA	3970	7,8 ÷ 18,4
Kanada	7000	8,5 ÷ 121
Australia	1700	8,5 ÷ 4,2
Niemcy	320	2,83
Wielka Brytania	190	1,70
Kazachstan	170	1,13
Polska	160	2,83
Indie	160	0,85
RPA, Zimbabwe, Botswana	150	1,13
Ukraina	140	1,70
RAZEM	24,460	84 ÷ 358

Odmetanowanie może być prowadzone sposobem **wyprzedzającym**, prowadzonym przed rozpoczęciem eksploatacji złoża z górotworu nieodprężonego, w którym panuje pierwotny (początkowy) stan naprężeń; i **bieżącej eksploatacji**, prowadzonej równocześnie z eksploatacją złoża w górotworze, w którym naturalna równowaga została naruszona a sam proces odmetanowania prowadzi się w skałach o zmieniającym się w czasie stanie naprężeń.

Metan ujmuje się także ze starych zrobów, które stanowią tzw. „atomowe przestrzenie”.

Najnowsze metody pozyskiwania metanu z pokładów węgla obejmują eksploatację (Rychlicki, Twardowski, 2001):

- otworami poziomymi, wierconymi z wyrobisk górniczych takich, jak ściany eksploatacyjne, chodniki nadciśnieniowe i podciśnieniowe;
- pionowymi otworami wierconymi do pokładów węgla w celu ich odgazowania;
- pionowymi otworami wierconymi do starych zrobów górniczych;
- otworami wierconymi z powierzchni do pokładów węgla – podobnie jak to ma miejsce w przypadku klasycznych złóż gazu;
- metanu wraz z powietrzem wentylacyjnym kopalni, a następnie wzbogacanie go na powierzchni, czyli mieszanie z innym gazem.

Pozyskany metan niewykorzystany gospodarczo, lecz wypuszczony do atmosfery, staje się przyczyną zwiększenia zagrożeń środowiska.

2.14. Woda w pokładach złóż

Woda złożowa (wglębna), utworzona w określonych warunkach środowiska hydrogeologicznego, nie pozostaje układem stabilnym w czasie ewolucji geologicznej poziomu zbiornikowego. Skład chemiczny wód wywołany jest określonym stanem równowagi, który wynika z działania wielu czynników będących funkcją czasu. Czynnikiemami tymi są: litologia skał, reakcje wymienne między jonami roztworu porowego a wymiennym kompleksem szkieletu skalnego, prędkość podziemnego przepływu, kontakt wód wglębnych z wodami powierzchniowymi, czas trwania podziemnego przepływu w danym środowisku skalnym, procesy dyfuzji, ruch jonów, udział wody w tworzeniu nowych minerałów w skale, a także procesy epejro- lub orogenezy.

Ruchy orogeniczne, zmieniając hipsometrię skały zbiornikowej, wywołują zmianę panujących w niej warunków termodynamicznych (temperatury, ciśnienia, objętości przestrzeni porowej). Wzrost ciśnienia i temperatury, wraz z głębokością pograżania poziomu wodonośnego, wywołuje konieczność dostosowania się wody do nowych warunków. Zmiana ta polega na zmianie składu chemicznego wód podziemnych w wyniku wymiany jonów pomiędzy wodą a skałą. Intensywność procesów wymiany jonowej dodatkowo przyspieszają występujące w poziomie zbiornikowym minerały ilaste.

W wyniku wzrostu mineralizacji, część związków chemicznych, charakteryzujących się małą rozpuszczalnością, ulega strąceniu w przestrzeni porowej skały (w pierwszej kolejności ulegają strąceniu sole kwasów wodorowęglanowego, siar-

kowego i krzemowego). Na ich miejsce wchodzą substancje o większym iloczynie rozpuszczalności.

W ustalonych warunkach ciśnienia, objętości i temperatury (pVT) skład chemiczny wód staje się stabilny z powodu ograniczonej pojemności rozpuszczalnika, a ilość jonów zawartych w wodzie zależy od rodzaju rozpuszczonych soli oraz panujących warunków termodynamicznych. Stąd, po każdej przebudowie strukturalnej basenu w jego poziomach zbiornikowych wytwarza się po pewnym czasie termochemiczna równowaga pomiędzy wodą a ataczającą skałą.

Główną rolę w kształtowaniu stopnia mineralizacji i chemizmu wód złożowych odgrywa przepuszczalność skał, koncentracja rozpuszczonych w wodzie soli oraz długość drogi podziemnego krążenia. Czynniki te powodują odpowiednie zwiększenie czasu kontaktu skał z wodą i tym samym zwiększenie efektów procesów fizykochemicznych zachodzących pomiędzy układem skała–woda.

Wymianę wód pierwotnych w górotworze powoduje regionalny przepływ wód wywołany gradientem hydrodynamicznym. Gradient hydrodynamiczny powodowany jest różnicą ciśnień panującą w poziomie zbiornikowym i zależy od stref zasilania i drenażu. Szybkość ruchu wód, zgodnie z prawem Darcy, jest wprost proporcjonalna do spadku hydraulicznego, wywołanego regionalnym nachyleniem warstw skały zbiornikowej. Duże znaczenie w pionowym zasięgu spływu podziemnego ma wyrównany relief powierzchni, przy odpowiednim nachyleniu poziomu zbiornikowego, warunkujący istnienie określonego spadku hydraulicznego. Czas przepływu wód podziemnych w obrębie zamkniętego basenu jest bardzo długi, ponieważ prędkości przepływu wód są bardzo małe, wynoszące od kilku do kilkunastu milimetrów w ciągu roku.

Skład chemiczny wód głębszych jest odzwierciedleniem ich wędrówki podziemnej, czyli czynników, które wywierały wpływ na krążącą wodę. Skutkiem tego ich skład jest bardzo różnorodny. Jednak ten sam skład wód złożowych jest przyczyną tego, że znając drogi krążenia wody, można odtworzyć środowiska, z jakimi woda była w kontakcie. Ta cecha jest szczególnie przydatna w ocenie możliwości występowania w otoczeniu części górotworu złóż kopalin płynnych: ropy naftowej i gazu ziemnego. Wskaźnikiem jest obecność w wodach głębszych podwyższonych ilości dwutlenku węgla i jonów wodorowęglanowych, zmniejszenie lub całkowity zanik jonów siarczanowych i występowanie siarkowodoru (szczególnie dla wód o niskiej mineralizacji), które są skutkiem działalności mikroflory częściowo utleniającej substancje organiczne ropy naftowej. Organiczne składniki ropy naftowej, które mogą występować w wodach złożowych to między innymi: węglowodory alifatyczne o stężeniach od kilkuset do około 2 700 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$; kwasy tłuszczowe charakterystyczne dla ropy parafinowej; kwasy naftenowe charakterystyczne dla ropy asfaltenowej; fenole; niskocząsteczkowe węglowodory aromatyczne, jak benzen, toluen, etylobenzen. Zawartość wszystkich związków organicznych w wodach złożowych może dochodzić do 1 000 ppm. Wśród nieorganicznych składników wód złożowych dominują sole metali lekkich, których stężenie waha się w granicach od kilku do kilkuset gramów/ dm^3 .

Ponieważ pokłady kopalin stałych zawierają pewne ilości metali ciężkich i radionuklidów, więc składniki te są także elementem składowym wód złożowych. Przykładem

metali ciężkich oznaczonych w wodach złożowych jest kadm, chrom, cynk, miedź, nikiel, srebro, ołów o stężeniu od kilkudziesięciu do około 300 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$. Naturalnie występującymi radionuklidami są: rad ^{226}Ra i ^{228}Ra , radon ^{222}Rn , ołów ^{210}Pb .

Podobnie jak w przypadku gazów ziemnych, wody węgłne rozprzestrzeniają się w hydrofilowej przestrzeni porowej skał zbiornikowych. Ruch wody w horyzoncie zbiornikowym rozpoczyna się wówczas, gdy siła wypływu wody przekroczy wartość ciśnień, które przeciwdziały temu ruchowi w osrodku wysyconym wodą. Intensywność migracji wody zależy od porowatości efektywnej i przepuszczalności skał pokładów górotworu. Gazy pokładowe (gaz ziemny) z wodą tworzą układ niemieszalny (z powodu małej rozpuszczalności) i samorzutnie rozprzestrzeniają się, w sposób jednostajny, w hydrofilowej przestrzeni porowej. Woda i gaz ziemny, jako płyny złożowe, nie występują w całej objętości kolektora, lecz w pewnych jego strefach. W pokładach zaobserwować można występowanie kolejno od góry: gaz–woda (gaz jako lżejszy od wody), gaz–ropa–woda (gaz jako lżejszy od ropy, ropa jako lżejsza od wody) lub ropa–woda (ropa jako lżejsza od wody).

2.15. Minimalizacja wpływów eksploatacji górniczej

Minimalizowanie, czyli profilaktyka lub przeciwdziałanie skutkom eksploatacji górniczej na obiekty powierzchniowe i środowisko naturalne prowadzona jest metodami górniczymi i budowlanymi.

Na obecnym etapie techniki i technologii prowadzenia prac górniczych uznaje się, że najbardziej skuteczną metodą minimalizacji wpływów eksploatacji górniczej i ochroną podbieranych obiektów jest profilaktyka górnicza prowadzona przez ochronę stropu wyrobiska w formie stosowania filarów ochronnych i podsadzania wyrobisk (przez ich wypełnienie materiałem pochodzącym ze skał otaczających złoża lub dostarczonym z powierzchni ziemi) oraz stabilizacja górotworu.

Zaleganie kopaliny pod miastami, osiedlami, zakładami przemysłowymi oraz trasami komunikacyjnymi wymaga prowadzenia eksploatacji w istniejących filarach ochronnych. Projektowanie, wdrażanie i prowadzenie wszelkich prac związanych z wydobyciem kopaliny ze złoża w obrębie (lub z) filarów ochronnych powinno być prowadzone tak, aby dopuszczalne (bezpieczne) wielkości wpływów eksploatacyjnych dla obiektów budowlanych nie były przekraczane. Znaczący to, że wielkości deformacji, jakie ujawniają się w środowisku naturalnym muszą mieścić się w obliczonych i ściśle ustalonych granicach. W praktyce wielkości tych deformacji mogą odbiegać, w szczególnych przypadkach, od wyznaczonych wielkości granicznych. Mogą być większe lub mniejsze od nich. Rozbieżności te są wynikiem zmieniających się w czasie warunków środowiska i posadowionych obiektów, dla których wyznaczane były wartości graniczne. Na zmianę tych warunków mają wpływ takie zmienne czynniki środowiska, jak klimat (wielkość opadów atmosferycznych, temperatura otoczenia, wiatry) czy warunki biotyczne (mikroorganizmy). Naruszają one nie tylko strukturę podłoża gruntowego (np. stateczność, nośność), na którym posadowione są obiekty, lecz także strukturę samych obiektów poprzez korozję fizyczną, chemiczną i biologiczną.

Literatura fachowa podaje różnorodne kryteria, które muszą być spełnione dla bezpiecznej eksploatacji złóż kopalnin. Szczegółowo rygory, jakie muszą być spełnione opisuje Knothe (1984), proponując rozplanowanie i prowadzenie robót w filarze ochronnym w taki sposób, aby:

- W obrębie filaru ochronnego eksploatacja nie była przez dłuższy czas zatrzymywana na określonych granicach, nad którymi brzeżna część niecki obniżeniowej wykształcała się w pełni, co pociąga występowanie w tych rejonach maksymalnych deformacji. Jeżeli ze względów technicznych nie jest to możliwe, to granice te powinny przebiegać pod rejonami możliwie mało zabudowanymi i zabudowanymi obiektami mniej czułymi na wpływy eksploatacji.
- W przypadku kolejnej eksploatacji kilku pokładów w filarze ochronnym, powinny być one wybierane w niedużych filarach w ten sposób, aby eksploatację każdego następnego pokładu zaczynać po ukończeniu wybierania pokładu wyprzedzającego lub też prowadzić ją za eksploatacją pokładu wyprzedzającego w odległości zapewniającej uspokojenie głównych ruchów terenu wywołanych eksploatacją pokładu wyprzedzającego.
- Jeśli prowadzona jest jednoczesna eksploatacja kilku pokładów w filarze, odległości między frontami powinny zapewnić zmniejszenie wpływów poprzez wzajemne kompensowanie odkształceń wywołanych wybieraniem poszczególnych pokładów (warstw) lub niedopuszczenie do sumowania tych odkształceń.
- W obrębie filaru ochronnego fronty eksploatacji w różnych pokładach, lub w jednym pokładzie, nie powinny się nadmiernie zbliżać ku sobie. Minimalna odległość między frontami eksploatacji w dwu kolejno wybieranych pokładach, zalegających na głębokości H_1 i H_2 powinna być większa od określonej przez minimalną odległość l , gdyż wówczas występuje okresowe sumowanie wpływów eksploatacyjnych, mniej lub bardziej długotrwałe.
- Eksploatacji nie należy zatrzymywać na płaszczyznach uskokowych. W przypadku, gdy fronty eksploatacyjne postępują w kierunku równoległym do uskoku eksploatacja przy uskoku powinna być prowadzona jednocześnie po obu jego stronach. Wielkość wyprzedzenia między ścianą przeduskokową i zauskokową powinna być możliwie mała i nie przekraczać 30 metrów. W przypadku, gdy kierunek wybiegu ścian jest prostopadły do uskoku, wtedy po dojściu ściany do płaszczyzny uskokowej eksploatacja powinna być bezpośrednio kontynuowana po drugiej stronie uskoku, co wymaga wcześniejszego udostępnienia i przygotowania pokładu w części zauskokowej.
- W przypadku gdy eksploatacja może być prowadzona tylko po jednej stronie uskoku (np. gdy jest on granicą pola kopalnianego), nie należy jej doprowadzać do płaszczyzny uskokowej, lecz zatrzymać przed uskokiem w odległości wynoszącej przynajmniej:

$$l = 0,53 \frac{H}{\operatorname{tg}\beta}$$

- Eksploatację należy prowadzić bez pozostawiania resztek, filarów oporowych, niewybranych partii w rowach uskokowych itp. W przypadku eksploatacji z podsadzką hydrauliczną chodniki w partiach wybranych powinny być wygradzane i utrzymywane w podsadźce bez pozostawiania filarów oporowych. Najniekorzystniejsze jest pozostawianie niewybranych filarów i resztek o szerokości około 0,8 r.
- W przypadku eksploatacji z podsadzką płynną powinna być ona wykonana dokładnie z dobrego materiału podsadzkowego. Skład ziarnowy podsadzki, dopuszczalna zawartość części ilastych i ewentualna domieszka odpadów powinny być ściśle określone. Jakość podsadzki i podsadzania powinny być kontrolowane przez rzeczoznawców.
- W przypadku eksploatacji częściowej (w 50 ÷ 60%), złoża (pasami) szerokości wybieranych pasów i pozostawianych filarów ochronnych powinny być ściśle przestrzegane. Odpowiednie dobranie wymiarów partii wybranych i pozostawionych złoża, a także ich wzajemnego rozmieszczenia, pozwala na zmniejszenie współczynnika osiadania nawet do wartości mniejszej od 0,02 (2% grubości wybieranej warstwy lub pokładu). Przy częściowej eksploatacji kilku pokładów osie pozostawionych filarów powinny się pokrywać w pionie, a eksploatacja powinna być prowadzona od dołu ku górze, to znaczy począwszy od pokładu najgłębiej zalegającego. Przy przeciwnej kolejności wybierania – od górnych pokładów ku dolnym – może nastąpić uszkodzenie (spękanie) filarów pozostawionych w pokładzie wyższym przy jego podbieraniu. Niebezpieczeństwo uszkodzenia filarów, których zadaniem jest podtrzymywanie warstw stropowych, jest szczególnie duże w przypadku podbierania eksploatacją całkowitą, prowadzoną w 100% z podsadzką hydrauliczną, a zwłaszcza z zawałem stropu.
- Eksploatacja powinna być prowadzona z określoną, optymalną prędkością, a w szczególności należy unikać zatrzymywania frontu eksploatacyjnego na dłuższy czas.
- Każdy przypadek eksploatacji i spodziewane w jej wyniku deformacje powinny być rozpatrywane z punktu widzenia zapewnienia ochrony podbieranym obiektom (budynki, urządzenia, instalacje). Gdy w razie potrzeby zostały określone profilaktyczne zabezpieczenia obiektów, to wykonanie ich jest warunkiem przystąpienia do eksploatacji w filarze.

Prognoza wpływów eksploatacji oparta na odpowiednich wzorach i rozważaniach teoretycznych jest prognozą przybliżoną, obciążoną pewnym mniejszym lub większym błędem, w zależności od szeregu czynników i powinna być uściślona na podstawie wyników uzyskiwanych w czasie trwania samej eksploatacji. Dlatego też kontynuacja eksploatacji i sposób jej dalszego prowadzenia, przystępowanie do eksploatacji następnych pokładów, ewentualne zmiany rygorów eksploatacyjnych powinny być uzależnione od wyników i doświadczeń uzyskiwanych podczas eksploatacji.

Warunkiem prowadzenia eksploatacji w filarach ochronnych jest odpowiednia kontrola wpływów eksploatacji i zachowania się obiektów. Kontrola ta musi obejmować

wać pomiary geodezyjne dokumentujące przemieszczenia pionowe i poziome terenu oraz deformacje (odkształcenia, nachylenia, krzywizny), jak również przemieszczenia i odkształcenia samych obiektów oraz kontrolę wizualną szkód występujących w obiektach. Częstotliwość pomiarów geodezyjnych, jak i obserwacji wizualnych zależy od wielkości i intensywności występujących przemieszczeń terenu, a więc od warunków geologiczno-górnictwowych, głównie głębokości zalegania pokładu i intensywności (szybkości) jego wybierania.

2.16. Klasyfikacja terenów górniczych pod zabudowę przestrzenną

Z uwagi na różnorodność obiektów i ich możliwe posadowienia na obszarze eksploatacji górniczej ustala się dla nich dopuszczalne wartości deformacji. Są one wynikiem wpływu eksploatacji górniczej i odnoszą się do obiektów i konstrukcji budowlanych. Z punktu widzenia ochrony obiektów i przydatności terenów do zabudowy, tereny eksploatacji górniczej dzieli się na pięć kategorii ze względu na przydatność do zabudowy i stopień ochrony znajdujących się na nich obiektów (Tabela 10).

Wymienione w poszczególnych kategoriach skutki eksploatacji i uszkodzenia oraz ich wpływ na obiekty budowlane stanowią wartości przeciętne. Znaczący to, że obejmują one tylko pewną część obiektów. W innych obiektach skutki i uszkodzenia mogą być większe lub mniejsze od przeciętnych. Część obiektów może w ogóle nie reagować na przebieg podziemnych prac górniczych. Szczególnie wrażliwe na przemieszczenia i deformacje terenu są konstrukcje żelbetowe powłokowe, murowane lub betonowe gazociągi podziemne, turbozespoły. Wobec tego typu obiektów stosuje się odrębną ocenę odporności i dopuszczalnych deformacji. W przypadku obiektów, dla których nie są dopuszczalne w praktyce żadne, nawet minimalne, odkształcenia proponuje się dodatkową kategorię: „0” – chronione odpowiednio dużymi filarami ochronnymi z podsadzką hydrauliczną (Knothe, 1984).

Budownictwo na terenach górniczych

Projektowanie budowli naziemnych i podziemnych w masywach skalnych wymaga w pierwszym rzędzie znajomości ich budowy geologicznej, warunków hydrogeologicznych oraz właściwości mechanicznych, a wśród nich zależności odkształceń (przemieszczeń) od obciążeń. Natomiast główne zadania badawcze związane są z poszczególnymi rodzajami budowli. Są one prowadzone w zależności od tego czy masyw skalny ma być fundamentem budowli, czy też ma współdziałać w przenoszeniu ciśnień (np. w sztolniach ciśnieniowych). Zależą także od głębokości, na jakiej położony jest analizowany obiekt (np. magazyny podziemne dla cieczy i gazu), czy wydobywania złóż surowców mineralnych.

Główny problem z posadowieniem budowli na terenach górniczych wiąże się z podziemną eksploatacją. Zagadnienia ochronne dotyczą obiektów już istniejących, przy występowaniu wszystkich rodzajów oddziaływań terenu górniczego na budowle. Zagadnienia ochronne muszą być także uwzględnione na etapie projektowania budowli odpornych na duże deformacje terenu. Uwzględnienie oddziaływań terenu górniczego dotyczy wszystkich rodzajów budownictwa jedno- i wielorodzinnego

Tabela 10. Podział terenów i obiektów budowlanych według kategorii ochrony (Knothe, 1984)

Kategorie	Dopuszczalne deformacje				Możliwy stopień uszkodzenia Rodzaje obiektów	Przydatność do zabudowy
	T_{\max}	R_{\min}	ε_{\max}	$\varepsilon_{\max} + \Delta\varepsilon$		
	[mm/m]	[km]	[mm/m]	mm/m]		
I	2,5	20	1,5	2	Mogą wystąpić bardzo małe uszkodzenia – łatwe do usunięcia. Zabytkowe budowle, urządzenia przemysłowe, szczególnie wrażliwe z punktu widzenia bezpieczeństwa życia lub uznane za szczególnie ważne – głównie gazociągi, których uszkodzenie grozi niebezpieczeństwem wybuchu gazu, zbiorniki wodne.	Tereny pewne, nie wymagające zabezpieczeń obiektów
II	5,0	12	3,0	4	Mogą występować nieduże uszkodzenia obiektów – stosunkowo łatwe do usunięcia. Ważniejsze obiekty, zakłady przemysłowe, piece martenowskie, koksowe, szyby i maszyny wyciągowe, budynki przemysłowe żelbetowo-monolityczne lub z suwnicami, budowle użyteczności publicznej (szpitale, teatry, kościoły o stropach sklepionych, koryta rzek i zbiorniki wodne, główne szlaki i stacje kolejowe, tunele, mosty sklepione, niezabezpieczone na ruchy terenu magistrale wodociągowe, duże budynki mieszkalne o długości większej od 20 m. Duże miasta.	Tereny, na których częściowe zabezpieczenie wszystkich obiektów nie jest opłacalne.
III	10,0	6	6,0	8	Mogą występować większe uszkodzenia obiektów budowlanych – nie grożące jednak ich zniszczeniem. Główne drogi, szlaki i małe stacje kolejowe, mniej wrażliwe na ruchy podłoża budowlanego przemysłowe obiekty budowlane (bez suwnic), chłodnie, wysokie kominy, mniejsze budynki mieszkalne (10 ÷ 20 m w rzucie poziomym), oczyszczalnie miejskie, głównie kolektory kanalizacji, rurociągi kanalizacyjne, rurociągi gazowe.	Tereny wymagające częściowego zabezpieczenia obiektów – rodzaj zabezpieczenia zależy od rodzaju obiektu, jego czułości, własności podłoża, wielkości deformacji.
IV	15,0	4	9,0	12	Występują uszkodzenia bardzo poważne – grożące zniszczeniem. Stadiony sportowe, małe budynki mieszkalne-pojedyncze – inne mało ważne obiekty	Tereny wymagające poważniejszych zabezpieczeń obiektów.
V	> 15,0	< 4	> 9,0	-	Bardzo poważne uszkodzenie i zniszczenie obiektów budowlanych.	Tereny nie nadające się do zabudowy.

oraz przemysłowego i użyteczności publicznej, a także różnorodnych konstrukcji przemysłowych wraz z elementami uzbrojenia terenów budowlanych.

Podstawowy problem stanowi dążenie do umożliwienia budowania na prawie każdym rodzaju terenu górniczego, czyli przede wszystkim na terenach charakteryzujących się dużymi deformacjami ciągłymi, na terenach zapadliskowych, a nawet uskokowych. Przy projektowaniu poszczególnych rodzajów budowli uwzględnia się więc różne rodzaje z tych faz, które są brane pod uwagę przy wyznaczaniu właściwości mechanicznych masywów skalnych. Właściwości masywów skalnych badane są głównie w wyrobiskach górniczych. Dookoła wyrobiska górniczego powstają bowiem strefy o różnych charakterystykach i właściwościach, które bierze się pod uwagę przy interpretowaniu otrzymanych wyników badań (Schemat 15).

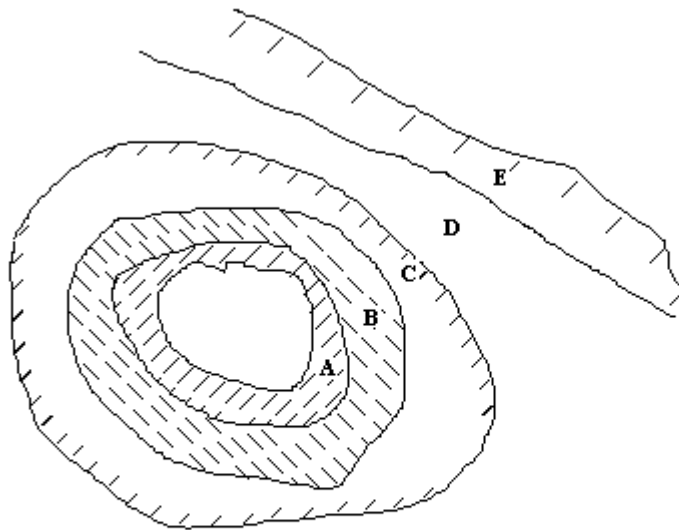
Ponieważ ściśle rozpoznanie budowy geologicznej i właściwości fizycznych i mechanicznych masywów skalnych nie jest możliwe, szczególne znaczenie mają metody kontroli zachowania się masywu w trakcie wykonywania prac budowlanych i eksploatacji. Ważne jest, aby przy wykonywaniu budowli w masywach skalnych, rozpoznanie, prace projektowe i prace kontrolne były ze sobą ściśle związane. W celu oceny zachowania się wyrobiska podziemnego określa się osiadanie powierzchni terenu (jedynie w przypadku płytkich wyrobisk o głębokościach do kilkudziesięciu metrów), zbieżność (konwergencję) ścian, ciśnienie masywu skalnego na obudowę i naprężenia w obudowie.

Ośrodek gruntowy wraz z określoną budowlą tworzą wspólny układ, który ulega deformacjom wywołanym wpływem eksploatacji górniczej. Ujawnienie się deformacji lokalnej na powierzchni terenu jest końcowym procesem narastającego zagrożenia. Chodzi więc o wcześniejsze ich wykrycie i podanie wielkości miarodajnych do projektowanych zabezpieczeń konstrukcyjnych. Jednakże podłoże i obiekt mają odmienne cechy fizyczne i zachowują się różnie z upływem czasu. W trakcie postępu frontu eksploatacyjnego niekiedy przemieszcza się i budowla może znaleźć się w różnych fazach, charakteryzujących się postacią i wielkością oddziaływań na styku budowli z podłożem (Schemat 16). Najczęściej powstają niecki normalne, charakteryzujące się regularnym ukształtowaniem bez deformacji lokalnych, z występowaniem lub bez występowania wpływów wstrząsów sejsmicznych.

Stawianie obiektów na terenach zapadliskowych staje się coraz częstsze z uwagi na brak wolnych obszarów pod zabudowę w górniczych okręgach przemysłowych nie podlegających wpływom eksploatacji górniczej. Do rejonów zagrożonych pojawieniem się zapadlisk należą także tereny krasowe, gdzie nie występuje działalność górnicza. Posadowienie budowli na terenach zapadliskowych różni się od posadowienia na terenach o dużych deformacjach rozległych, chociaż istnieją pewne podobieństwa.

2.17. Wpływ górnictwa podziemnego na środowisko

Rozpatrując wpływ podziemnej eksploatacji na powierzchnię litosfery należy podkreślić zasadnicze znaczenie deformacji maksymalnych powierzchni, jakie mogą wystąpić bądź to w czasie trwania eksploatacji, bądź też po jej zakończeniu i uspokojeniu się ruchów terenu. W obszarze niecki ostatecznie wykształconej



Schemat 15. Schemat masywu skalnego wokół wyrobiska ze strefami oddziaływań
 A – spękana strefa odprężona; B – niespękana strefa odprężona;
 C – strefa o zwiększonych naprężeniach wewnętrznych; D – masyw skalny
 w stanie naturalnym; E – odprężona powierzchnia masywu skalnego

maksymalne deformacje występują w brzeżnej jej części, w pasie położonym ponad granicą eksploatacji. W środkowej części niecki, jeśli wybrana została dostatecznie duża partia pokładu, końcowe deformacje terenu są bardzo małe, a końcowe obniżenia równomierne. Środkowa część niecki podlega oczywiście deformacjom w czasie trwania eksploatacji. Deformacje te są największe po jej zakończeniu i po ustaniu ruchów terenu.

Pionowe przemieszczenia górotworu, będące rezultatem eksploatacji, występują z pewnym opóźnieniem *narastają z czasem i po pewnym czasie osiągają wartość maksymalną*. *Największa prędkość osiadania występuje zwykle po kilku lub kilkunastu miesiącach po eksploatacji* (Knothe, 1984). Czas ten zależy od: głębokości eksploatacji, prędkości (postępu) frontu eksploatacyjnego i własności górotworu.

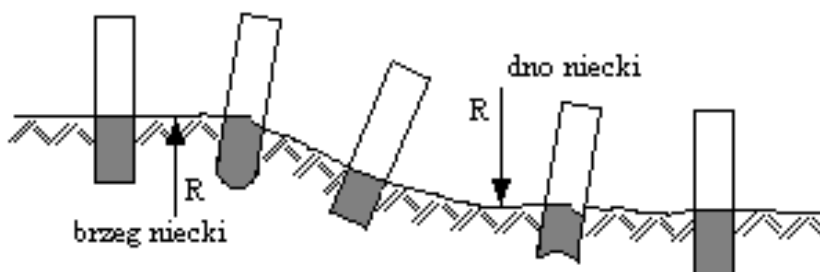
Przy płytkim zaleganiu pokładu i stosunkowo dużej prędkości (postępie) frontu eksploatacyjnego, maksymalna prędkość osiadania może wystąpić już po kilkunastu dniach, ewentualnie kilku tygodniach. Czas zakończenia procesu przemieszczeń – lub zmniejszenia do minimalnych wartości – opisuje równanie:

$$T_K \approx 3,5 \frac{r}{V}$$

gdzie:

r – promień zasięgu wpływów głównych,

V – prędkość posuwania się (postęp) frontu eksploatacyjnego.



Schemat 16. Zmiany w posadowieniu budowli po przejściu fali deformacji spowodowanej np. podziemnym oddziaływaniem: R – promień krzywizny (Ledwoń, 1983)

Skutkiem opóźnienia ruchów górotworu w czasie jest zmiana kształtu brzeżnej części niecki – części dynamicznej – nad posuwającym się frontem eksploatacyjnym.

Prognozując wpływy eksploatacji górniczej, poddaje się analizie wiele czynników. Są to między innymi: budowa geologiczna górotworu, własności górotworu (jak struktura, tekstura, skład mineralogiczny, porowatość itp.), rodzaj i grubość warstw górotworu, własności mechaniczne, wcześniejszy stopień naruszenia, przestrzenny rozmiar wybierania pokładu, ciężar skał nadległych, czas trwania eksploatacji.

Na przebieg ruchów terenu istotny wpływ wywiera **stopień naruszenia górotworu** przez wcześniej prowadzone eksploatacje. W wyniku reaktywacji tak zwanych **starych zrobów** mogą wystąpić znaczne zwiększenia wpływów eksploatacji, łącznie z wpływami nieciągłymi. Według Knothe (1983): (...) *prognoza wpływów eksploatacji górniczej może odnosić się do przypadków wybierania pokładów w filarze ochronnym obiektu i wybierania pokładów poza filarem ochronnym obiektu w pobliżu granic tego filaru.*

Podstawowym skutkiem działalności eksploatacyjnej górnictwa podziemnego jest więc proces prowadzący do osiadania gruntu w wyniku przemieszczania się skał nadległych do opróżnionych komór. Powoduje to zmiany w naturalnym systemie drenującym, który może prowadzić do zniszczenia dróg, obiektów mieszkalnych i budownictwa innego typu na terenach miast i przyległych. Powstają sztuczne zbiorniki wodne: studzienki i rynny lub jamy i ugięcia. **Studzienki** powstają, gdy nadkłady opadają do opróżnionej komory o stromych ścianach i średnicy rosnącej w głąb. **Rynny** są płytkimi, zaokrąglonymi obniżeniami terenu, powstającymi, gdy pod ciężarem nadkładu załamuje się podpora pokładowa, powodując powstanie zapadliska.

Szczególnym zagrożeniem dla środowiska oraz życia i zdrowia ludzi jest metan, zawsze związany z wydobywanymi pokładami węgla, powodujący wybuchy i wyrzuty skał oraz zasobów złóż (węgla) eksploatowanych bez zapewnienia odpowiednich środków bezpieczeństwa i ostrożności. W większości przypadków uwalniany jest do atmosfery poprzez system wentylacyjny kopalń. Szacuje się, że w Polsce w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym ucieka rocznie do atmosfery około 650 milio-

nów m³ czystego metanu w skali roku (Rychlicki, Twardowski, 2001). Stanowi tam poważne zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego.

Zabezpieczenia stropów wyrobisk górniczych zużywają duże ilości cennego drewna, prowadząc do wylesienia już skromnych obszarów leśnych i zmniejszenia bioróżnorodności flory i fauny. Piaskowe podsadzki górnicze zubażają powierzchniowe pokłady piasku, naruszają florę i faunę żyjącą w ich sąsiedztwie, zmieniając estetykę krajobrazu w miejscu eksploatacji powierzchniowej.

Górnicza podziemna działalność przemysłowa jest przyczyną powstawania zwałów (hałd) i wysypisk, wyrobisk powierzchniowych, stawów osadowych, a także zanik wody gruntowej. Jest źródłem powstawania, a następnie zrzutu wód kopalnianych, zwykle silnie zmineralizowanych, powodując zanieczyszczenie wód powierzchniowych i podziemnych. Istotnym czynnikiem wpływającym na wielkość zmian środowiska w otoczeniu miejsc eksploatacji złóż podziemnych (a także powierzchniowych) jest ilość i rodzaj powstających odpadów. Kruszywo do budowy dróg może być wykorzystane nawet w 100%. Natomiast wydobyte 1 tony wolframu pociąga za sobą powstanie do 100 ton odpadów. W Republice Południowej Afryki istnieją podziemne kopalnie diamentów. Obecnie wyeksploatowana, ale największa na świecie kopalnia diamentów zajmuje powierzchnię 60 000 m², początkowa głębokość 800 m, z czasem pogłębiona do 1 100 m. Wydobyto z niej 28 Mt ziemi i skał, z których uzyskano około 3 ton diamentów (Mannion, 2001).

Odpady usuwane z głębokich kopalń tworzą hałdy i zwałowiska, które wtapiają się w krajobraz w miarę jak pokrywają się roślinnością tworząc sztuczną rzeźbę terenu. Zwałowiska mają różny kształt, od stożkowego, poprzez kopulasty, stołowy, grzbietowy po płaski. W Polsce zalega około 300 takich sztucznych wzniesień powierzchni ziemi.

Źródłem zanieczyszczenia środowiska są także hałdy wydobytego i składowanego węgla przed transportem do odbiorcy. W Polsce podstawowym tworzywem są trzeciorzędowe ility kaolinitowe (80%) w znacznym procencie zawęglone oraz występujące w podrzędnych ilościach: żwiry, piaski i gliny czwartorzędowe (zagłębienie turoszowskie), trzeciorzędowe piaski i ility poznańskie, czwartorzędowe gliny i piaski (zagłębienie konińskie), czwartorzędowe piaski i mułki oraz gliny i trzeciorzędowe piaski i ility (zagłębienie bełchatowskie).

Górnictwo rud miedzi, cynku i ołowiu buduje hałdy odpadów skał płonnych, wydobywanych w postaci dolomitów, wapieni marglistych oraz rozmaitego materiału pochodzącego z prac przygotowawczych. Przyjmuje się, że 98% wydobywanej w kopalniach tego typu masy skalnej trafia na zwałowiska i do zbiorników osadowych w różnych fazach procesów górniczo-przerobczych. Główny udział w zajmowanej powierzchni mają zbiorniki poflotacyjne, przyjmujące blisko 93% masy skalnej wydobywanej w kopalniach, a ich powierzchnię szacuje się na około 2 600 ha (Krzaklewski, 2001).

Rocznie usuwa się kilkadziesiąt tysięcy ton odpadów skalnych, które zajmują kilkadziesiąt tysięcy hektarów powierzchni ziemi. Wpływ odpadów (np. rud metali) na miejscowe i dalsze otoczenie środowiska naturalnego może trwać setki lat. Są one

przyczyną zagrożenia środowiska gruntowo-wodnego, którego stopień zależy od zawartości i rodzaju składników rozpuszczalnych w składowanym węglu (zwłaszcza chlorków i siarczanów); ilości wód opadowych, infiltrujących do składowanego węgla; bilansu wodnego składowiska, determinującego warunki ługowania i migracji zanieczyszczeń; warunków hydrogeologicznych i hydrologicznych obszaru, determinujących skalę i zasięg migracji zanieczyszczeń (Macuda, 2001).

Hałdy górnicze są ogniskiem zanieczyszczenia gruntów i wód w wyniku wylugowywania z nich łatwo rozpuszczalnych składników. Rośnie przy tym mineralizacja wód podziemnych i powierzchniowych. Uwalniane są znaczne ilości metali ciężkich, które bezpośrednio trafiają do gleb lub pośrednio osadzone są w wodach rzecznych. W nich oddziałują bezpośrednio na biocenozy wodne łącznie z biocenozami przybrzeżnymi lub są uwalniane wtórnie z osadów dennych. W osadach dennych występują największe ilości pierwiastków będących źródłem zanieczyszczenia w pobliżu rzek. Dostają się one do wód powierzchniowych nie tylko z wodami kopalnianymi, ale także z wodami wypompowanymi z osadnika oraz z wodami z niego infiltrującymi.

Osadniki odpadów poflotacyjnych, gromadzące wody kopalniane i odpady po wzbogacaniu kopaliny, są szeroko rozpowszechnione w rejonach eksploatacji i przeróbki surowców mineralnych (rud metali nieżelaznych, węgla). Mogą to być obiekty nadpoziomowe, zajmujące nawet ponad 100 ha powierzchni lub podpoziomowe o objętości w mln/m³. Ucieczki wody z osadników objawiają się podniesieniem zwierciadła wód gruntowych, powstają ogniska zanieczyszczenia wód zwiększające ich mineralizację, a także ogniska zanieczyszczenia gleb. Skarpy osadników mogą podlegać erozji eolicznej. Właściwości chemiczne gleb w ich rejonie znacznie odbiegają od stanu gleb naturalnych, także od cech gleb leżących w większej odległości od osadników. Poziomy bliższe powierzchni są znacznie bardziej obciążone składnikami emisji. Należy do nich także silne obciążenie gleb metalami ciężkimi: Hg, Cr, Cu, Sr, Ni oraz fenolem. Kryteria oceny zasięgu degradacji powinny uwzględniać prawidłowość rozkładu wpływów zarówno w przekroju pionowym, jak i poziomym gleb.

Obecne w pokładach węgla i rud metali siarczek żelaza lub piryt magnetyczny (pirotyn) utleniają się w wilgotnym powietrzu, tworząc kwas siarkowy. Kwas ten włącza się w obieg wody krążącej w kopalni, tworząc się w czasie przepłukiwania odpadów kopalnianych. Kwaśne wody kopalniane w zależności od rodzaju kopalni mogą zawierać duże ilości miedzi, cynku, ołowiu, rtęci i kadmu. Zrzucone bezpośrednio do wód powierzchniowych powodują straty w florze i faunie rzecznej i przybrzeżnej oraz zakwaszają gleby.

Największe zagrożenie stwarzają odpady radioaktywne, zwłaszcza rud uranu (²¹⁰Pb i ²¹⁰Po).

Wydobywanie rud metali prowadzi do skażenia gleb i roślinności na terenach bezpośrednio przyległych do kopalń, jak i w ich pobliżu, wskutek przenoszenia przez wodę infiltrującą pionowo i poziomo w warstwie powierzchniowej gleby. *W przypadku skażenia odpadami z kopalni rud metali cząstki rudy w glebie, np.*

PbS, ZnS i CuFeS₂ ulegają utlenieniu, uwalniając kationy metali, takich jak Pb²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Fe²⁺, do roztworu glebowego, gdzie ulegają one adsorpcji. Utlenienie siarczków powoduje wzrost kwasowości gleby, o ile stężenie węglanów jest zbyt małe, aby buforowało ten proces (Alloway, 1999). Obserwuje się występowanie w glebie kadmu, miedzi, cynku i ołowiu w znacznych stężeniach. Metale ciężkie włączone zostają do cyklu troficznego (łańcucha pokarmowego), w którym następuje zwiększenie ich stężenia. Substancje skażające środowisko, mogą się w nim gromadzić przez długi okres i w znacznych ilościach, a skażenie środowiska może być długotrwałe.

Odczyn gleb (pH) jest cechą uzależnioną od rodzaju tworzywa mineralnego i ich składu chemicznego. Ściółka zakwaszająca glebę jest buforem dysponującym nadmiarem substancji kwaśnych w stosunku do rozmiaru kumulacji substancji alkalizujących glebę. Gleby słabo zbuforowane, pozbawione ściółki, narażone są na oddziaływanie stosunkowo silnie alkalicznych związków Ca i Mg, które punktowo mogą znacznie podwyższać pH gleby.

Wysoka kumulacja pierwiastków śladowych w glebach i nakładanie się różnych oddziaływań, w tym też i emisji SO₂, powoduje zły stan drzewostanów, które mogą osiągać jedynie formę krzaczastą.

Przekształcenia geochemiczne gleb prowadzą do niszczenia lub zmiany położenia wierzchnich warstw litosfery, zarówno w wyniku bezpośredniego oddziaływania człowieka, jak i pośrednio – poprzez przyspieszoną erozję lub ruchy tektoniczne. **Przekształcenia chemiczne gleb** mają swoje źródło w emisji zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego, w stosowanych w rolnictwie substancjach nawozowych i środkach ochrony roślin. Zagrożenie stanowią też skażone wody glebowo-gruntowe. Zmiany chemiczne gleb obejmują: zasolenie, zmianę odczynu (zakwaszenie, alkalizacja), wzrost zawartości pierwiastków śladowych czy też zaburzenie proporcji pomiędzy zawartością poszczególnych składników. Skutkiem wymienionych przekształceń są **zaburzenia właściwości fizyko-chemicznych gleb** – co w konsekwencji prowadzi do zmian siedliskowych, zmniejszenia różnorodności biologicznej i równocześnie do obniżenia zdolności produkcyjnej gleb.

Podziemna eksploatacja górnicza istotnie wpływa na stosunki wodne terenu górniczego. Szczególnie zagrożenie wodne dotyczy kopalni soli ze względu na specyficzny charakter wydobywanej kopaliny oraz jej zaleganie. Źródło zagrożenia mogą stanowić wody podziemne, jak również wody powierzchniowe (Stryczek, Gonet, 2001). Według Winid (2001): *We wszystkich formacjach solonośnych, które zostały udostępnione wyrobiskami górnicznymi, obserwuje się przecieki solanek (wody są nasycone w różnym stopniu NaCl), a także awaryjne wdarcia się wód i zatopień kopalń). Można wyróżnić wycieki powstałe z ługowania skał solnych (hydraulicznie związane z horyzontami wodonośnymi występującymi w rejonie złoża). Przyczyną obecności tego typu solanek w wyrobiskach kopalni są istniejące kontakty hydrauliczne, których powstanie jest niemal nieuniknione, zwłaszcza w warunkach długotrwałej eksploatacji, jak ma to miejsce w przypadku Kopalni Soli Wieliczka. Ponadto obserwuje się przejawy solanek genetycznie związane ze złożami solnymi*

(wewnątrzsolne, które dzielą się na sedymentacyjne i tektonogeniczne), a także solanki pochodzenia kondensacyjnego.

Główną przyczyną **przekształceń hydrologiczno-glebowych** są mechaniczne podpiętrzenia wód gruntowych lub powierzchniowych, ograniczenie drenażu cieków, obniżenia zwierciadła wód gruntowych oraz deformacje powierzchni terenu – stanowiące istotne źródło większości zaburzeń sieci hydrograficznej i warunków hydrogeologicznych.

Jednym ze skutków zmian stosunków wodnych jest osiadanie powierzchni terenu, co prowadzi do deformacji obszarów o powierzchni rzędu tysięcy hektarów i znacznej głębokości. Z kolei osiadanie powierzchni terenu powoduje znaczne wahania poziomu zwierciadła wody gruntowej, które są przyczyną: zalania terenu (podtopienia), zawilgocenia lub osuszenia. Podmakanie i podtapianie powierzchni ziemi zmienia (zazwyczaj zwiększa) mineralizację wód gromadzących się w zbiornikach podziemnych i/lub powierzchniowych. Wahania poziomu wód są najważniejszą przyczyną podtapiania terenów górniczych, budowlanych i innych. **Tereny podtopione** są to obszary gruntów, w których wody gruntowe, okresowe lub stałe, występują w poziomie wyższym od poziomu posadowienia budowli. Najpospolitsze przypadki **naturalnego podtapiania** terenu wynikają z rzeźby terenu. Wówczas wody z tego samego poziomu wodonośnego mogą powodować zabagnienie i podtopienie terenu, nawet gdy poziom wód nie będzie ulegał wahaniom. Wskutek nachylenia powierzchni terenu może nastąpić spływ wód opadowych na zagrożone odcinki terenu, co może wpłynąć na podniesienie poziomu wód gruntowych. **Sztuczne podtapianie** terenu jest spowodowane gospodarczą działalnością człowieka (przeciekająca instalacja wodno-kanalizacyjna, roboty budowlane, górnicze itp.) czy przez zaleganie hałd składowisk w poprzek spływu wód powierzchniowych.

Dużą rolę w wahanii wód gruntowych odgrywa charakter warstwy gruntu leżącej ponad zwierciadłem wód gruntowych. Istotną rolę odgrywa tu jedna z własności gruntu – zdolność utrzymania wody w jej wszystkich postaciach. Związana jest ona z pełną pojemnością wodną gruntów. **Pełna pojemność gruntu** jest to największa ilość wilgoci, jaką może zawierać grunt, kiedy pory jego są całkowicie wypełnione wodą. Wyróżniając wilgoć w procentach pełnej pojemności wodnej charakteryzuje się stopień wypełnienia porów wilgocią.

Przepuszczalność gruntu, czyli zdolność do przepuszczania wody, zależy od wielkości porów i stopnia spękania pokładów skalnych. Warstwa ta reguluje również wpływy warunków atmosferycznych. Przy niewielkiej jej grubości przesączające się wody atmosferyczne wypełniają pory w strefie kapilarnej o dużej zawartości wody włoskowatej, gdzie wielkość wolnych porów jest znacznie mniejsza niż w strefie wilgoci błonkowej. Wskutek tego, nawet niewielka ilość opadów może wywołać gwałtowne podniesienie poziomu wód gruntowych. Zjawisko to zachodzi zwłaszcza w gruntach mało przepuszczalnych, w których obecność części koloidalnych lub ilastych zmniejsza ich przepuszczalność.

Poziom wód gruntowych zależy oczywiście od pory roku. Na stan wód gruntowych mają więc wpływ nie tylko spływy powierzchniowe, ale także wahania pozio-

mów wód rzecznych zasilanych wodami opadowymi. Zmiany powierzchniowych stosunków wodnych powodują nadmierne uwilgotnienie terenów. Ponadto w warunkach aktywnych związków hydraulicznych podziemne warstwy wodonośne często łączą się. Zasilane infiltrującą wodą opadową są przyczyną zwiększonego przepływu wody podziemnej do koryt rzecznych, co powoduje, że ta nie mieści się w korycie i zalewa tereny przyległe.

Inne zjawisko pojawia się, gdy następuje obniżenie przepływu wody w korycie – powoduje zmniejszenie prędkości przepływu i zwiększenie tendencji do krętości cieku wodnego. Kolejna zmiana poziomu wody na większy może powodować szereg nowych zmian, jak dziczenie cieku w pewnych miejscach, w innych powstanie zalewisk i podtopień; rzeka tworzy rozlewiska, mokradła, gromadzi muł.

Zmiany układu stosunków wodnych gleb na terenach eksploatacji górniczej ujawniają się w postaci zaburzeń wód glebowo-gruntowych. Często jest to powodem okresowego podtapiania przez wody zaskórne i wody naporowe. Wody naporowe zalewają teren (wykop) do poziomu odpowiadającego naporowi wodonośnego poziomu. Zdarzają się przypadki, że po przebicciu warstwy nieprzepuszczalnej gruntu, oddzielającej warstwy wód naporowych, zatrzymują się one na równym poziomie z terenem.

Podstawowe kompleksy wodonośne tworzą swoisty układ naporowy z zaznaczoną strefowością: wody słodkiej, słabo zmineralizowanej, słonej i solanki występującej w czwartorzędzie. Jakość wód podziemnych w warunkach naturalnych zmienia się wraz z powierzchnią zalegania i głębokością. Jest to najczęściej układ odgrywający pierwszoplanową rolę w zawadnianiu wyrobisk górniczych, a równocześnie będący jedynym źródłem zaopatrzenia w wodę podziemną.

Zmiana warunków hydrologicznych wpływa na wystąpienie określonych deformacji powierzchni terenu, jak np. spękanie gruntu (powstawanie szczelin, pęknięć, rowów, lejów itp.). Rozległe depresje wód podziemnych powodują nierównomierne osiadanie terenów w zasięgu lejów depresyjnych. **Odwadnianie** takiego terenu może prowadzić do deformacji powierzchni i obiektów. Przy obniżeniach terenu rzędu dziesiątków metrów powstają zagłębienia bezodpływowe wód powierzchniowych, przez co występuje problem zagospodarowania nowych zalewisk i terenów podtopionych oraz zabezpieczenie istniejących na nich obiektów. Odwodnienie może być powodem kilkumetrowych obniżeń terenu i pochyłeń do kilkudziesięciu promili, powodując deformacje nieciągłe na brzegach niecki. Następuje zmiana właściwości gruntów rolnych oraz budowlanych. Proces osiadania powierzchni ziemi wpływa szkodliwie nie tylko na przyrodę (giną leśne masywy, zmienia się stan wód powierzchniowych i podziemnych), ale pozostawia również ślad w infrastrukturze socjalnej (ulegają zniszczeniu budynki mieszkalne, a nawet całe osiedla), zwiększają się nakłady na utrzymanie i eksploatację dróg w obszarze tych rejonów.

Budowa i rozwój miejskich aglomeracji zniekształca naturalny krajobraz oraz wpływa antropogenicznie na środowisko. Zanieczyszczeniu ulegają wody, gleby i powietrze atmosferyczne. Wody ściekowe zawierają podwyższone zawartości chlorków, siarczanów, metali ciężkich, detergentów i fenoli. W gruncie wzdłuż dróg

zauważa się podwyższoną zawartość ołowiu, antymonu i arsenu. W obszarach przylegających do kopalń, a zamieszkałych przez ludność, grunty zanieczyszczone są litem, cynkiem, wolframem, germanem, rtęcią, chromem, niklem i ołowiem. Wody podziemne na terytorium miast pozbawione naturalnych ekranów ochronnych zanieczyszczone są litem, strontem, manganem, tytanem i produktami ropopochodnymi. Aktywny jest proces podtapiania terenów w wyniku ucieczek wody z rurociągów kanalizacyjnych i wodociągowych. Podniesienie poziomu wód gruntowych powoduje zatapianie piwnic, podtapianie sadów, ogródków działkowych, osiadanie i pęknięcie budynków, deformację powierzchni dróg.

Wyłączenie poszczególnych obszarów z zabudowy wpływa bardzo niekorzystnie na racjonalne plany zagospodarowania przestrzennego.

Łatwo jest gospodarować czymś, co jest pewne, jakkolwiek niewielkie, gorliwiej należy oszczędzać tego, czego nie wiedzieć kiedy zabraknie

Seneka (55 B.C. – około 40 A.D.)

Rozdział 3

GÓRNICTWO ODKRYWKOWE

W górnictwie odkrywkowym eksploatuje się złoża kopalin zalegające bezpośrednio na powierzchni Ziemi lub na niedużej głębokości. Wybranie złoża z pewnej głębokości wymaga najpierw jego odsłonięcia (odkrycia) przez zdjęcie górnej warstwy gleby i/lub skał, zwanej *nadkładem*. Tworzą go wszystkie utwory skalne, które trzeba przemieścić, aby udostępnić rozpatrywaną kopalinę.

Metodą odkrywkową wydobywa się przede wszystkim surowce służące do produkcji materiałów budowlanych (piaski, żwiry, margle, bazalt, granit itp.) oraz topniki dla hutnictwa (np. dolomit). Ponadto odkrywkowe wydobywanie stosowane jest do pozyskiwania węgla, głównie brunatnego, siarki, fosforytów, rud metali i wielu innych kopalin.

3.1. Charakterystyka kruszyw mineralnych

Kruszywo mineralne jest jednym z podstawowych surowców w wielu gałęziach gospodarki, a w szczególności w budownictwie, drogownictwie, kolejnictwie, górnictwie, w przemyśle szklarskim, odlewnictwie i wielu innych.

Surowcem do produkcji kruszyw mineralnych są zasoby złóż naturalnych materiałów kamiennych. Nazwa **kruszywa mineralne** obejmuje kamienne materiały naturalne, występujące w przyrodzie w stanie rozdrobnionym, bądź też stanowiące produkt mechanicznego rozdrabniania skał litych.

Kruszywa mineralne dzieli się w zależności od pochodzenia na dwie grupy: **kruszywa naturalne** i **kruszywa łamane**.

Fracja kruszywa mineralnego jest to mieszanina ziaren różnej wielkości, mieszczących się w przedziale dwóch następujących po sobie normowych sit kontrolnych. Dolne sito zatrzymuje, a górne przepuszcza ziarna danej mieszaniny. **Grupa frakcji kruszywa mineralnego** jest to mieszanina dwóch lub więcej następujących po sobie frakcji. Zbiór wszystkich ziaren przewyższających wymiarami górny przedział danej frakcji nazywa się **nadziarnem**. Zbiór wszystkich ziaren o mniejszych wymiarach niż dolny przedział dolnej frakcji nazywa się **podziarnem**.

Ziarnem płaskim nazywa się cząstkę, której grubość jest co najmniej trzykrotnie mniejsza od szerokości, zaś **ziarnem wydłużonym** nazywa się cząstkę o długości co najmniej trzykrotnie większej od szerokości (PN-78/B-06714/15).

Długość ziarna l jest to największa odległość między dwoma punktami na powierzchni ziarna. **Szerokość ziarna s** jest to średnica najmniejszego otworu, przez który ziarno może przejść. **Grubość ziarna g** jest to szerokość najmniejszej szczeliny, przez którą ziarno może się przedostać.

Podstawowymi parametrami określającymi przydatność gospodarczą kruszywa są: uziarnienie, wytrzymałość skały, zawartość ziaren słabych i zwietrzałych, zawartość ziaren płaskich i wydłużonych, zawartość pyłów mineralnych i zanieczyszczeń obcych, nasiąkliwość i mrozoodporność, zawartość związków siarki i związków chloru. Ponadto kruszywo powinno być odporne na korozyjne działanie alkaliów (zawartych np. w cemencie) i nie wykazywać nadmiernych właściwości promieniotwórczych. Z uwagi na przemysłowe wykorzystanie w budownictwie (szczególnie drogowym i kolejowym) powinno być trudno ścieralne i dobrze łączyć się z bitumami.

3.2. Surowce do produkcji kruszyw

Naturalne materiały kamienne występują w przyrodzie w postaci zespołów jednakowych lub różnych materiałów, tworzących silnie związane masy lub luźne skupiska. Luźne skupiska są produktem naturalnego rozdrabniania skał zwartych i noszą nazwę **kruszywa naturalnego**. Kruszywa naturalne stanowią zasoby powstałe w wyniku działania lodowców i wietrzenia skał macierzystych, a następnie nagromadzenia skał okruchowych, zmieszanych często z iłami i glinami. Stąd złoża kruszyw naturalnych, bez względu na miejsce ich występowania, są przeważnie pochodzenia lodowcowego lub następstwem naturalnego rozdrobnienia skał. Są to glazy narzutowe, żwiry i piaski pochodzenia polodowcowego, zanieczyszczone ılem i gliną lub stanowiące produkt działania wód rzek i strumieni (np. otoczaki rzeczne, żwiry i piaski).

Łamane kruszywa mineralne stanowią silnie związane masy skalne złóż materiałów kamiennych wydobywanych i rozdrabnianych mechanicznie.

Kruszywa produkuje się ze skał:

- magmowych: granity, sjenity, gabro, porfiry, diabazy, tufy porfirowe, bazalty.
- osadowych: wapień, wapień zbite (marmury), dolomity, piaskowce, chalcedomity.
- metamorficznych: gnejsy, kwarcyty metamorficzne, serpentynity, wapień krystaliczne.
- okruchowych: piaski, żwiry, otoczaki.

3.3. Podział złóż kruszyw mineralnych

Pod względem uziarnienia kruszywo dzieli się na:

- **drobne**: o wielkości ziaren do 4 mm;
- **grube**: o wielkości ziaren 4 ÷ 63 mm;
- **bardzo grube**: o wielkości ziaren 63 ÷ 250 mm.

Okruchy skalne o wielkości ziaren powyżej 250 mm nazywa się **glaznikami i glazami**. Cząstki o wymiarach ziaren do 0,005 mm (5 μ m) nazywa się **cząstkami gliniastymi i ılastymi**. Cząstki o wymiarach ziaren 5 ÷ 63 μ m nazywa się **cząstkami pylastymi**.

W zależności od zawartości podstawowych frakcji ziaren rozróżnia się:

- **Złóża kruszyw naturalnych drobnych** (piaskowych): zawierających frakcje o uziarnieniu $0,06 \div 2,0$ mm, które stanowią powyżej 75% ogólnej masy złoża.
- **Złóża kruszyw naturalnych grubych**, które dzieli się na:
 - piaszczysto-żwirowe (pospółka): zawierające $50 \div 75\%$ frakcji o uziarnieniu $0,06 \div 2,0$ mm, reszta to frakcje grubsze;
 - żwirowo-piaszczyste: o zawartości $30 \div 50\%$ frakcji piaskowych o uziarnieniu $0,06 \div 2,0$ mm, reszta to frakcje grubsze;
 - żwirowe: w których frakcje o uziarnieniu $2 \div 63$ mm stanowią co najmniej 70% całej masy złoża.

W zależności od gęstości objętościowej, kruszywa mineralne (skalne) dzieli się na trzy typy:

- **kruszywa ciężkie**: powyżej $3\ 000\ \text{kg/m}^3$;
- **kruszywa zwykłe**: $1\ 800 \div 3\ 000\ \text{kg/m}^3$;
- **kruszywa lekkie**: poniżej $1\ 800\ \text{kg/m}^3$.

Poszczególne ziarna kruszyw mogą mieć kształt: foremny, zbliżony do kuli lub graniastosłupa foremnego, płaski lub wydłużony. Powierzchnia ziaren może być obtoczona, czyli bez ostrych krawędzi lub chropowata o krawędziach ostrych. Dla zobrazowania kruszyw mineralnych i ich nazw dokonano ich podziału według Tabeli 11.

3.4. Złóża kruszyw lądowych

Złóża kruszyw naturalnych, mimo że są przeważnie pochodzenia lodowcowego, występują w różnych warunkach hydrologicznych. Mogą stanowić wzniesienia lub soczewki pokryte warstwą ziemi. Jeżeli poziom wód gruntowych znajduje się poniżej spągu złoża, to nazywa się je **złożem lądowym** kruszywa naturalnego mineralnego.

Udostępnianie złoża

Udostępnianie złoża kruszyw naturalnych lądowych polega na wykonaniu robót odkrywkowych. **Roboty odkrywkowe** rozpoczyna się od wykonania przekopu, czyli rozcięcia złoża, które to prace stanowią zarówno część robót odkrywkowych, jak i wydobywczych.

Udostępnianie złoża rozpoczyna się od zdjęcia warstwy **nadkładu**. Na ogół wszystkie złoża lądowe kruszyw naturalnych są pokryte warstwą gliny, gliny z piaskiem itp., tworząc nadkład, który usuwa się przed przystąpieniem do eksploatacji właściwego złoża. Również złoża surowców skalnych są pokryte zwietrzałą warstwą skały płonnej i dodatkowo przykryte warstwą ziemi, którą należy zdjąć przed rozpoczęciem robót górniczych.

Grubość warstwy nadkładu może wahać się w granicach od kilku centymetrów do kilku metrów. W zależności od tejże grubości stosuje się różne metody i maszyny do usuwania nadkładu. Dobór metod i maszyn uzależniony jest od: grubości nadkła-

du i jego jakości, odległości zwałowania (deponowania) nadkładu od miejsca jego zdjęcia.

W zależności od miąższości nadkładu do jego zdjęcia stosuje się takie maszyny, jak:

- **spycharki**: przy niewielkiej miąższości nadkładu i małej odległości zwałowania;
- **zrywarko-spycharki**: do usuwania zwietrzałej warstwy skały płonnej (zrywaki zrywają wierzchnią warstwę skały);
- **zgniatarki**: do zdejmowania nadkładu nie zawierającego większych odłamków skalnych i transportowania go na zwałowiska w odległości do 500 m;
- **koparki** (łyżkowe, chwytakowe lub wielonaczyniowe): do usunięcia nadkładu kilkumetrowej grubości.

W zależności od odległości miejsca zdjęcia nadkładu do miejsca jego zwałowania uzyskany urobek ziemi i skały płonnej transportuje się za pomocą przenośników taśmowych lub z użyciem transportu kołowego.

Nadkład zwałowany jest poza granicami złoża, z dala od budynków mieszkalnych i przemysłowych, lasów, zabytków, pomników przyrody. Do jego depozycji wykorzystuje się wszelkie zagłębienia i nierówności terenu. Przyjmuje się, że maksymalna wysokość zwałowiska, przy zwałowaniu za pomocą spycharek, nie powinna przekraczać: dla skał litych – 30 m; dla skał zwięzłych – 15 m; dla skał sypkich – 10 m. Nadkład zwałuje się celem jego późniejszego wykorzystania, gdy teren kopalni będzie rekultywowany.

Strop złoża kruszywa naturalnego, szczególnie żwirowo-piaskowego, wymaga starannego oczyszczenia celem uzyskania surowca mineralnego w minimalnym stopniu zanieczyszczonego gliną lub iłem.

Tabela 11. Podział nazwy i określenia kruszyw mineralnych wg PN-87/B-01100

Rodzaj kruszyw		Wielkość ziaren oczek kwadratowych sit kontrolnych [mm]		Asortyment							
				Grupa							
				Kruszywa naturalne				Kruszywa łamane			
Drobne Grube	od	do	Naturalne niekruszone	pospółka	mieszanka kruszywa naturalnego	naturalne kruszone piasek kruszony grys z otoczek	mieszanka z otoczek	Zwykłe	niesortowane	granulowane piasek łamany grys	mieszanka kruszywa łamanego sortowana
			piasek zwykły					miął kliniec			
			żwir								
	16,0	31,5									
	31,5	63,0						tłuczeń			
Bardzo grube	63,0	250,0	otoczaki			-		kamień łamany		-	

Ujęcie wód kopalnianych

Na obszarze wyrobiska nie mogą tworzyć się lokalne zbiorniki wodne lub ścieki zagrażające pracy sprzętu i stateczności skarp udostępnionego złoża. Wyrobisko musi być więc odpowiednio zabezpieczone przed spływem wód powierzchniowych i opadowych. W tym celu wykonuje się rowy opaskowe, tamy i groble usytuowane poprzecznie do kierunku spływu wód. Poziomy robocze kształtuje się tak, by woda odpływała grawitacyjnie (ze spadkiem około 2‰) od stanowisk roboczych.

Ujęcie wód kopalnianych (rzapie) powinno być usytuowane w najbardziej korzystnym punkcie wyrobiska ze względu na grawitacyjny odpływ wód z sieci rowów odwadniających. Wody kopalniane odprowadza się do miejsc, z których niemożliwy jest ich powrót przez szczeliny lub podziemne poziomy wodonośne do wyrobiska. Przyjmuje się, że **rzapie** powinno pomieścić 8 ÷ 10 godzinny maksymalny ich odpływ.

3.5. Urabianie złoża

Minimalna powierzchnia udostępnionego złoża powinna zapewnić ciągłość eksploatacji, bez konieczności zdejmowania kolejnej powierzchni nadkładu, przez okres 4 miesięcy, według stanu na 1 kwietnia i okres 7 miesięcy, według stanu na 1 października każdego roku eksploatacji.

Złoże surowca mineralnego ładowego może być urabiane sposobem:

- **ręcznym:** za pomocą młotków, klinów i innych odpowiednich narzędzi. Przyjmuje się, że wysokość przodka przy urabianiu ręcznym nie powinna przekraczać 2,5 m, a jego szerokość powinna wynosić co najmniej 4,0 m. Ściany przodka o wysokości przekraczającej 1,5 m nie powinny być podkopywane. Głębokość podkopu ściany niższej nie powinna przekraczać 1,0 m.
- **mechanicznym:** z zastosowaniem odpowiednio dobranych maszyn. Wysokość urabianej ściany (bez użycia materiałów wybuchowych) nie powinna przekraczać wysokości urabiania danej maszyny. W czasie urabiania maszyna powinna być tak usytuowana, aby w zasięgu wzroku jej operatora znajdowały się: wsyp i załadowywane środki transportu kruszywa. Przy urabianiu koparkami wielonaczyniowymi wysokość urabianego piętra nie powinna być większa niż wynika to z długości jej wysięgnika i dopuszczalnego kąta nachylenia skarpy ociosu.

Maksymalne kąty nachylenia ścian roboczych nie powinny przekraczać:

- przy urabianiu koparkami kołowo-frezowymi: 70 stopni;
- przy urabianiu koparkami kubelkowymi: naturalnego kąta stoku urabianej kopaliny.

Urabianie skał i przemieszczanie urobku za pomocą zrywarko-spycharki powinno odbywać się na powierzchniach poziomych lub nachylonych w kierunku zgodnym z nachyleniem ściany urabianej skały. W tym przypadku kąt nachylenia ściany urabianej skały powinien być mniejszy od dopuszczalnego kąta nachylenia dla biegu jałowego i roboczego maszyny.

Każda eksploatacja złoża związana jest z produkcją odpadów. Przy jednopoziomowej eksploatacji odpady przerobcze nie mogą być składowane na niewyeksplloatowanej części złoża, a w przypadku eksploatacji wielopoziomowej muszą być odprowadzane poza granicę jego przemysłowych zasobów.

Przykład eksploatacji kruszywa ilustruje Fot. 1. – kamieniołom w Lipowicy koło Dukli, woj. podkarpackie.

Urabianie górnicze materiałami wybuchowymi

Materiały wybuchowe stosuje się do urabiania i wydobycia kruszyw zalegających w skałach litych. Materiał wybuchowy ładowany jest do wywierconych otworów strzałowych, a następnie odpalany. Przed przystąpieniem do wiercenia otworów bada się stan krawędzi ociosu i sprawdza, czy nie ma szczelin, które mogłyby spowodować osunięcie się ściany. Sposób wiercenia otworów zależy od rodzaju, wytrzymałości i składu mineralnego skały. W procesie urabiania skały litej stosuje się następujące rodzaje wierceń:

- **wiercenie obrotowe:** stosowane jest w zależności od twardości skały i zawartości w niej krzemionki (górną granicą podatności na wiercenie wynosi około 200 MPa wytrzymałości na ściskanie przy zawartości $\text{SiO}_2 < 5\text{--}6\%$; przy wytrzymałości skały poniżej 70 MPa zawartość SiO_2 nie ma znaczenia);
- **wiercenie udarowo-obrotowe:** stosowane jest do skał o średniej i dużej wytrzymałości na ściskanie, zawierających znaczne ilości krzemionki;
- **wiercenie udarowe:** stosowane jest do materiałów bardzo twardych i jednorodnych.

Eksploatacja kopaliny z użyciem materiałów wybuchowych rozróżnia dwa rodzaje otworów wiertniczych ładowanych materiałem wybuchowym:

- **krótkie:** gdy długość otworu, od wlotu do dna, wynosi nie więcej niż 6,0 m;
- **długie:** gdy długość otworu, od wlotu do dna, przekracza 6,0 m.

Wiercone otwory mogą być pionowe, poziome lub skośne (odchylone od pionu). Odwiercony otwór zabezpiecza się przed zasypywaniem lub zalaniem wodą.

Roboty strzałowe

Roboty strzałowe obejmują czynności związane z używaniem materiałów wybuchowych do urabiania skał. Do górniczych robót strzałowych należą czynności i kolejne etapy prac związane z wierceniem otworu strzałowego, ładowaniem do otworu strzałowego materiału wybuchowego, wypełnianie pozostałej wolnej części otworu materiałem niepalnym, zwanym **przybitką** i odpalanie ładunku. Wielkość otworu strzałowego, ich kierunek oraz kolejność odpalania zależą od rodzaju skał i sposobu eksploatacji.

Roboty strzałowe wykonuje się jedynie w oparciu o **dokumentację** lub **metrykę strzałową**:

1. **Strzelanie krótkimi otworami:** rozszczepkowe i szczelinowe, które wykonywane są na podstawie **metryki strzałowej** zawierającej informacje o lokaliza-

cji przodka; rodzaju i długości otworu, typie środków strzałowych oraz sprzętu strzałowego; schematach rozmieszczeń i połączeń poszczególnych ładunków; wielkości poszczególnych ładunków i ich ilości odpalanej w jednej serii; możliwej strefie rozrzutu i sposobie jej zabezpieczenia.

2. **Strzelanie długimi otworami:** wykonywane jest na podstawie sporządzonej **dokumentacji strzałowej**, zawierającej informacje o lokalizacji odstrzału; budowie geologicznej w miejscu odstrzału; celach odstrzału i jego terminach; sposobie prowadzenia robót przygotowawczych; stosowanych środkach i sprzęcie strzałowym; sposobach wykonywania robót strzałowych i spodziewanych efektach odstrzału; obłożeniu robót strzałowych; zabezpieczeniu załogi zakładu górniczego, ewentualnych osób postronnych, maszyn i urządzeń przed skutkami odstrzału; możliwej strefie zagrożeń ze strony fali podmuchu (odłamków skalnych), drgań sejsmicznych; przewidywanych sposobach usuwania ewentualnych niewypałów; instrukcjach stanowiskowych i czynnościowych dla poszczególnych pracowników zatrudnionych przy robotach strzałowych; instrukcji ogólnej dla pozostałej załogi zakładu górniczego; szkice typowych otworów strzałowych przedstawiające ułożenie ładunku i przybitki w otworze.

W kamieniołomach stosuje się głównie:

1. **Strzelanie podkopowe:** w tym celu z niskiego wyrobiska – podkopu – usuwa się za pomocą materiałów wybuchowych pozostawione w nim podpory pod blokami skalnymi, co powoduje odrywanie się tychże bloków od calizny.
2. **Strzelanie komorowe:** w wydrążonych w skale komorach odpala się duże ilości materiałów wybuchowych, co pozwala na uzyskanie dużej ilości urobku.



Fot. 1. Kamieniołom w Lipowicy k/Dukli (woj. podkarpackie). Minimalna szerokość eksploatacyjnego poziomu przyjęta jest na 15 m. Wysokość ściany eksploatacyjnej wynosi średnio około 11 m, zaś w spągu warstw łupka może dochodzić do 14 m. Kąt nachylenia ściany eksploatacyjnej i ociosów $\alpha = 85^\circ$.

Zabezpieczenie terenu górniczego

Roboty strzałowe wykonują strzałowi, pod bezpośrednim nadzorem dozoru ruchu zakładu górniczego. W ich trakcie strzałowi i dozór ruchu zapewniają bezpieczeństwo pracy poprzez zachowanie rygorów podanych w metrykach strzałowych i dokumentacji strzałowej. Godziny prowadzenia robót strzałowych oraz sposób zachowania się w czasie ich prowadzenia, podaje się do publicznej wiadomości poprzez wystosowanie odpowiednich pism urzędowych do właściwych urzędów gmin, posterunków policji, szkół, nadleśnictw.

W celu zachowania bezpieczeństwa odkrywkowych robót górniczych przed rozpoczęciem czynności związanych z ładowaniem materiałów wybuchowych do otworów, załoga nie biorąca udziału w tych czynnościach wycofywana jest od miejsca ładowania na odległość co najmniej 15 m w przypadku otworów krótkich i 30 m w przypadku otworów długich. Przed przystąpieniem do odpalania wszystkie osoby wycofuje się do miejsc bezpiecznych oraz oznacza się dojścia do strefy zagrożenia przez ustawienie posterunków i założenie zapór ze znakami ostrzegawczymi. Załoga przebywa w schronie o wzmocnionej, betonowej konstrukcji. Strzałowy, w trakcie odstrzału, przebywa w schronie przenośnym, wykonanym z blachy spawanej w formie walca, w którym zamontowane są drzwi z zamknięciem od wewnątrz i z zewnątrz.

Określenie wielkości stref występujących zagrożeń, w zależności od przyjętego sposobu strzelania znajduje się w metrykach strzałowych lub w dokumentacji strzelania długimi otworami. Strefy działania ładunku zilustrowane są Schematem 17.

Na granicy strefy rozrzutu odłamków, na drogach ustawiane są tablice informacyjno-ostrzegawcze z podaniem godzin prowadzenia robót strzałowych i znaczeniem sygnałów ostrzegawczych. Strefa rozrzutu odłamków skalnych dodatkowo zabezpieczana jest wystawionymi na jej granicach posterunkami, obsadzonymi przez wyznaczonych pracowników, posiadających odpowiednie przeszkolenie. Na drogach dojazdowych do wyrobiska ustawiane są zapory drogowe, zamykane na czas robót strzałowych. Przy robotach strzałowych stosuje się sygnalizację akustyczną, syrenę elektryczną lub ręczną, służącą wyłącznie do tego celu. Dodatkowo stosowana jest sygnalizacja wzrokowa, w postaci czerwonej flagi wciąganej na maszt. Sygnalizacja ta zlokalizowana jest na granicy wyrobiska eksploatacyjnego, w najwyższych jego punktach.

Po przeprowadzeniu odstrzałów zabezpiecza się ściany eksploatacyjne, ponieważ następuje powiększenie szczelinowatości górotworu. Powiększenie szczelinowatości otworu, występowanie linii uskoków tektonicznych biegnących prostopadle do biegu warstw oraz duża niejednorodność złóż są zjawiskami, które sprzyjają występowaniu na ścianach eksploatacyjnych zagrożenia obrywania się skał oraz powstawania zwisów skalnych. W celu przeciwdziałania zjawiskom niekontrolowanego obrywania się skał, ustala się maksymalny kąt nachylenia ściany eksploatacyjnej i ociosów (np. $\alpha = 85^\circ$). Obrywkę ociosu ściany eksploatacyjnej prowadzi się z góry w dół.

Zwisy skalne, będące wynikiem urabiania calizny ściany materiałem wybuchowym, powstają bezpośrednio po wykonaniu odstrzału (głównie metodą długich

otworów). Tworzą się w miejscach, gdzie występuje odspojenie materiału skalnego znajdującego się poza linią odpalanych otworów i częściowego wysunięcia go za linię nowopowstałej płaszczyzny ściany eksploatacyjnej. Możliwe jest także pozostanie fragmentów skalnych w obrębie części przybitkowej otworu strzałowego, które wystawać będą ze ściany eksploatacyjnej, tworząc zwisy skalne. W celu likwidacji zagrożenia ze strony powstałych zwisów skalnych, po odstrzale wykonywane jest ramowanie ściany eksploatacyjnej i ociosów. Przed rozpoczęciem prac związanych z usuwaniem zwisów, kontroluje się stan bezpieczeństwa miejsca pracy, ludzi, sprawdza stan techniczny lin, pasów i kotew służących do ich umocowania.

Powstawanie zwisów skalnych, a w późniejszym okresie ich oberwanie, może mieć także związek z erozją warstw eksploatowanego kruszywa w odsłoniętych partiach złoża. Zjawisko to ulega szczególnemu nasileniu w czasie pierwszych przy-mrozków oraz na wiosnę, kiedy następuje rozmrożenie odsłoniętych partii górotworu. W okresie tym dozór górniczy powinien prowadzić szczegółową obserwację stanu ścian na wyrobisku eksploatacyjnym.

Materiały wybuchowe

Do urabiania skał używa się różnego rodzaju materiałów wybuchowych (MW). Materiały wybuchowe stosowane w górnictwie dzielą się na:

- **Skalne**, stosowane do robót w kamieniu, w kopalniach, w których nie występuje pył węglowy i metan. Stosowanym materiałem wybuchowym są m.in. amonity, dynamity, oksylikwity, proch czarny, żelatyna wybuchowa.
- **Węglowe**, bezpieczne w kopalniach, w których występuje pył węglowy. Materiałem są m.in. karbonity.
- **Powietrzne**, które są bezpieczne w kopalniach, w których występuje pył węglowy i metan. Materiałem wybuchowym są metanity.
- Materiały wybuchowe stosowane w technice wiertniczej do robót na ziemi i pod ziemią oraz pod wodą, jak prace komunikacyjne czy melioracyjne.

Jednostkowe zużycie materiałów wybuchowych zależy od rodzaju i wytrzymałości skały, średnic otworów strzałowych, techniki odpalania ładunku, rodzaju materiału wybuchowego, i waha się w granicach $0,20 \div 0,70 \text{ kg/m}^3$ urobku górniczego.

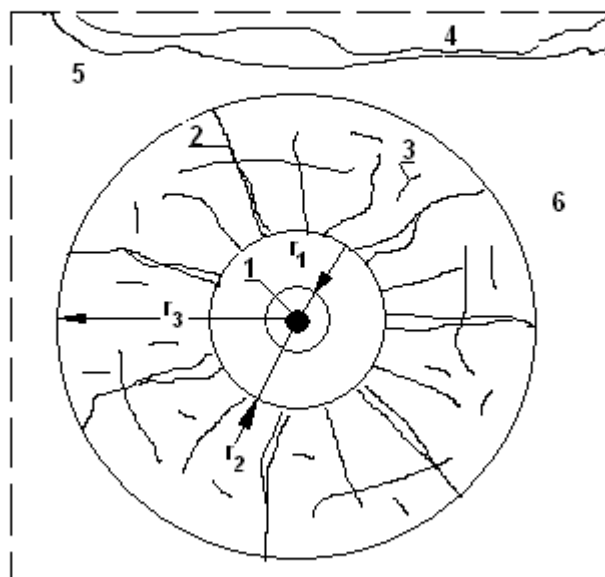
Powszechnie używanym materiałem wybuchowym jest: amonit, trotyl, dynamit, proch strzelniczy oraz mieszanina dynamitu i gelignitu należących do materiałów na tyle niebezpiecznych, że w wielu przypadkach, ze względu na bezpieczeństwo, nie mogą być stosowane. Do nowych, bezpieczniejszych materiałów wybuchowych, należą materiały wybuchowe zawieszinowe (MWZ) i materiały wybuchowe emulsyjne (MWE).

Górnictwe materiały wybuchowe powinny wykazywać następujące cechy: określoną zdolność wykonywania pracy i duże bezpieczeństwo. W celu zwiększenia bezpieczeństwa materiałów wybuchowych ich skład dobiera się tak, aby bilans tlenowy był zerowy lub nieznacznie dodatni, co zapobiega powstawaniu płomienia wtórnego. Szczególnie dotyczy to węglowych i powietrznych materiałów wybuchowych.

Skutkiem odstrzału są produkty odstrzału, czyli **gazy odstrzałowe**, tworzące się podczas wybuchu materiału wybuchowego. Ich skład zależy od rodzaju materiału wybuchowego i warunków wybuchu. W skład gazów odstrzałowych wchodzi głównie: dwutlenek węgla, tlenek węgla, para wodna, wodór i azot. Gazy odstrzałowe, które zawierają tlenek węgla, oprócz toksycznego działania mogą powodować występowanie płomienia wtórnego. **Płomień wtórny** jest efektem utleniania tlenku węgla do dwutlenku węgla z wydzielaniem ciepła i silnym efektem świetlnym. Płomień wtórny jest szczególnie niebezpieczny w kopalniach węgla zawierających metan i pył węglowy, gdyż jest przyczyną wielu groźnych wybuchów i pożarów.

3.6. Eksploatacja złóż lądowo-wodnych i podwodnych

Większość złóż kruszywa naturalnego zalega w dolinach rzek i w innych zbiornikach wodnych oraz na zalewiskach i terenach, na których poziom wód gruntowych znajduje się na wysokości lub powyżej poziomu złoża. **Złożem lądowo-wodnym** nazywamy złoże, którego część zalega nad zwierciadłem, a część poniżej zwierciadła wód gruntowych. **Złożem podwodnym** nazywa się złoże, które w całości zalega pod powierzchnią wody lub znajduje się poniżej zwierciadła wód gruntowych. Zbiornik wodny powstały w sposób naturalny lub w wyniku eksploatacji złoża nazywa się **basenem**. Złóża lądowo-wodne muszą mieć zabezpieczone przejścia dla załogi. Przejścia przebiegające w odległości mniejszej niż 0,5 m od krawędzi skarpy lub nasypu muszą być odgródzone poręczą lub liną zamocowaną na słupkach, na



Schemat 17. Strefy działania ładunku:

1 – ładunek MW; 2 – pęknięcia radialne 3 – pęknięcia koncentryczne; 4 – czoło wyrobiska; 5 – pęknięcia czołowe; 6 – strefa drgań sejsmicznych

wysokości 0,8–1,2 m (jeżeli basen ma głębokość powyżej 1,5 m). Szerokość grobli, służącej jako przejście dla załogi, nie może być mniejsza niż 1,0 m w koronie, a usytuowana powinna być co najmniej 0,5 m nad poziomem wody. W przypadku eksploatacji złóż lądowo-wodnych z osuwającymi się skarpami, gdy wydobywanie jest osprzętem pływającym, nadkład złoża musi być zdjęty na szerokości równej co najmniej sześciokrotnej wysokości ściany – licząc od stropu złoża do dna basenu w miejscu urabiania. Osuwająca się ściana musi być odgradzona i zabezpieczona w odległości nie mniejszej niż trzykrotna wysokość ściany.

Wydobywanie kruszyw zalegających w zbiornikach wodnych

Złóża kruszyw zalegające na wysokości lub nieco poniżej poziomu wód gruntowych (nawodnione złoża) wydobywa się za pomocą maszyn pływających: koparek chwytakowych i ssąco-refulujących lub pogłębiarek wielonaczyniowych. Pływające koparki ssąco-refulujące w większości przypadków pracują na złożach żwirowo-piaskowych o zawartości żwiru do 30%, rzadziej na złożach zawierających do 60% frakcji żwirowych.

Jeśli złoża zalegają do głębokości 10 m od poziomu lustra wody, stosuje się wielokubłowe pogłębiarki. Pogłębiarki te osiągają wydajność do 100 m³/h i stanowią obiekt pływający wyposażony we własną elektrownię i pomieszczenia dla załogi. Zaletą pogłębiarek jest samodzielność energetyczna i manewrowa oraz możliwość równomiernego eksploataowania złoża, zaś podstawową wadą – ograniczona głębokość urabiania i stosunkowo wysoki koszt eksploatacji.

Pogłębiarki pracują na każdym złożu z wyjątkiem złoża skały litej. W praktyce pogłębiarki ssące pracują najwydajniej na złożach podatnych na rozmycie, składających się z piasku i żwiru. Pogłębiarki łyżkowe i chwytakowe: mogą być stosowane do złóż zawierających otoczaki i głaziki. Pogłębiarki wielokubłowe pracują wydajnie na złożach piasków i drobnych żwirów. Wydajność pogłębiarki przy eksploatacji surowca o uziarnieniu 0 ÷ 150 mm, z głębokości 20 m wynosi 80 m³/h, a z głębokości 10 m wynosi 96 m³/h.

W zależności od sposobu urabiania złoża i jego „podniesienia” stosuje się kilka zasadniczych rodzajów pogłębiarek:

- **Pogłębiarki ssące działające na złoża strumieniem wody:** główną częścią roboczą jest pompa gruntowa zasysająca kruszywo razem z wodą przez rurę ssącą, zaopatrzoną w głowicę ssącą, zwaną smokiem. Ten rodzaj pogłębiarek praktycznie nie nadaje się do urabiania złóż żwirowych.
- **Pogłębiarki ssące** wyposażone dodatkowo w urządzenia **do mechanicznego lub hydraulicznego „wzruszania” złoża**, w celu łatwiejszego jego zasysania przez pompę.
- **Pogłębiarki hydropneumatyczne**, które mogą pracować na złożach żwirów zalegających na znacznych głębokościach poniżej lustra wody.
- **Pogłębiarki wielokubłowe, łyżkowe i chwytakowe.**

Do eksploatacji złóż zalegających na głębokości 6–30 m poniżej lustra wody znalazły zastosowanie pływające, głębokoczepalne koparki chwytakowe. Koparka

taka składa się z czterech pontonów wykonanych z blachy stalowej podtrzymującej chwytak. Chwytak poruszany jest za pomocą dwóch wciągarek elektrycznych zasilanych z elektrowni pływającej lub naziemnej. Koparka nie ma własnego napędu, a manewrowanie odbywa się za pomocą 4 wciągarek kotwicznych. Chwytak o pojemności 2,5–4 m³, z nożem i zębami ze stali manganowej, ma otwory do odprowadzania wody z urobku, porusza się w górę i w dół, przechodząc centralnie między pontonami. Gdy chwytak z urobkiem znajdzie się w górnym położeniu, podjeżdża pod niego ruchomy zasypnik odwadniający z obrotowym rusztem (do oddzielenia nadziarna), do którego wysypuje się zawartość chwytaka. Po opróżnieniu chwytaka zasypnik odjeżdża z pola jego pracy na stanowisko, gdzie następuje odwadnianie urobku przez specjalne urządzenie wibracyjne. Po odwodnieniu urobku następuje rozładunek zasypnika przez automatyczne otwarcie dolnej kłapy i przesypanie materiału do zasobnika stałego, wyposażonego w urządzenie dozoruujące urobek na taśmowe przenośniki pływające bądź barki lub szalandy.

Urobione i wydobyte nad poziom wody kruszywo może być odprowadzone do zakładu przerobczego w różny sposób:

- za pomocą barek, a następnie przeładowane na ciąg przenośników taśmowych, jeżeli zakład przerobczy jest oddalony od brzegu;
- za pomocą barek dennokłapowych (szaland), jeżeli urobek po przewiezieniu do nadbrzeża jest składowany na zasobnik podwodny, z którego następnie jest wybierany koparkami;
- za pomocą rurociągu refulacyjnego: urobek wydobyty przez pogłębiarkę wielokubłową jest wyrzucany z kubłów do zbiorników znajdujących się na pogłębiarce, z których wraz z wodą zostaje zabrany przez pompę i rurociągiem refulacyjnym odprowadzany jest na miejsce rozładunku w zakładzie przerobczym;
- za pomocą przenośników taśmowych: urobek, wydobywany przez pogłębiarki chwytakowe lub wielokubłowe, jest wyrzucany przez kosz zasypowy na taśmę przenośnika, który transportuje go do zakładu przerobczego.

Przykładowy przebieg eksploatacji i przeróbki kruszywa w Offendorf koło Strasburga (Niemcy część południowa) ilustruje Schemat 18.

Wydobyty pogłębiarkami materiał o uziarnieniu 0 ÷ 80 mm zostaje załadowany na barki dennokłapowe, które następnie przewożą go do zasobnika podwodnego przy nabrzeżu. Z zasobnika przy nabrzeżu pogłębiarkami frakcje 0 ÷ 80 mm są podawane na dwa identyczne przesiewniki C1 i C2 z sitami 30 i 15 mm. Materiał powyżej 30 mm jest podawany przenośnikiem taśmowym do kruszarki stożkowej lub do zbiornika. Frakcja 15 ÷ 40 mm jest kierowana do drugiej grupy kruszarek stożkowych lub zbiornika. Produkt z kruszarki stożkowej podaje się przenośnikiem taśmowym na jednopokładowy przesiewnik B1, a z niego granulaty przekazywane są na przesiewnik C5 z sitami 12 mm. Frakcje powyżej 12 mm wracają do granuladora, a poniżej 12 mm przenośnikami – na dwa identyczne przesiewniki dwupokładowe C7 i C8 z sitami 8 i 5 mm. Frakcje 5 ÷ 8 mm oraz 8 ÷ 12 mm są kierowane na składowiska, a frakcje 0 ÷ 5 mm na dwa przesiewniki jednopokładowe C9 i C10.

Fracja 3 ÷ 5 mm jest kierowana na składowisko, natomiast frakcja 0 ÷ 3 mm jest podawana do odwadniaczy V1 i V2, a następnie na składowisko. Frakcje 0 ÷ 15 mm z przesiewników przechodzą na dwa przesiewniki dwupokładowe C3 i C4 z sitami 3 i 8 mm, z których frakcja 7 ÷ 15 mm jest kierowana do zbiornika, frakcja 3 ÷ 7 mm na składowisko, a frakcja 0 ÷ 3 mm do odwadniaczy i następnie na składowisko.

Wydobycie kruszyw z mórz i oceanów

Sposób eksploatacji określonej kopaliny zmienia się wraz z rozwojem technik górniczych i sytuacji gospodarczej kraju. W poszukiwaniu nowych obszarów górniczych człowiek sięgnął nawet do tych części skorupy Ziemi, które pokryte są morzami i oceanami. Górnictwo kopalin stałych przekracza więc linie brzegowe mórz i oceanów. Czyni to prowadząc wyrobiska z szybów założonych na brzegu, jednak coraz częściej wkracza sprzętem zmechanizowanym – pływającym. Technika wierceń głębinowych została dobrze opracowana i opanowana przy głębokości wody do 600 m, a dzięki technicznym udoskonaleniom nawet przy głębokości wody rzędu 4 000 m i większym.

Wydobycie kruszyw z mórz i oceanów na większą skalę podjęto dopiero w latach osiemdziesiątych. W stosunku do całości produkowanych i zużywanych w przemyśle kruszyw ma ono znaczenie niewielkie. Niemniej w niektórych przypadkach, ze względu na bliskość miejsc wydobycia w stosunku do miejsc zużycia, ma ważne znaczenie strategiczne dla określonego regionu.

Część złóż znajduje się na plażach i związanych z nimi wydmach. Są to **złoża nabrzeżne**, z których część występuje w strefach przybrzeżnych od strony otwartego morza. Są one wykorzystywane jako źródła: magnetytu, rutylu, ilmenitu i innych pierwiastków.

Z brzegami morskimi związane są złoża: piasków cyrkonowo-monacytowych, ilmenitowych, magnetytowych, a także zasobnych w złoto, platynę, chromit oraz skały bursztynonośne.

Na obszarach pokrytych morzami eksploatuje się złoża: soli, siarki, węgla, rud żelaza, boksytów (przy brzegach mórz i na ich płycznach). Na głębinach występują koncentracje: rud żelaza, manganu i fosforytów.

Ograniczona produkcja kruszyw morskich jest spowodowana trudnościami technicznymi związanymi z wydobyciem kruszyw ze znacznych głębokości podwodnych. Wymagają one użycia specjalnych urządzeń urabiających i ładujących urobek na łodzie i barki pływające. Problemy stwarza także transport, rozładunek i przeróbka urobku górniczego. Odrębne problemy wynikają z trudności eksploatacyjnych złóż podwodnych uwzględniających ochronę flory i fauny morskiej (lub oceanicznej) przed degradacją. Międzynarodowa Rada Badania Mórz – Komitet Ochrony Łowisk – pozwala na podejmowanie eksploatacji kruszyw z dna mórz tylko poza strefami wylęgu i połowu ryb lub miejsc ich żerowania. Zatem eksploatacja kruszywa, niezależnie od udokumentowania występujących zasobów, powinna być poprzedzona szczegółowymi badaniami ekologicznymi danych obszarów. Ponadto ze względu na bezpieczeństwo żeglugi nie można prowadzić eksploatacji na ob-

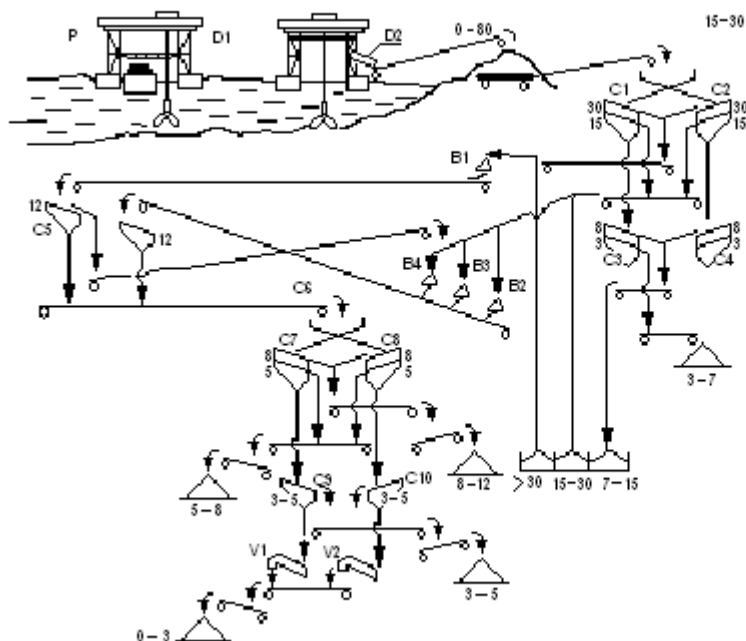
szarach nawigacyjnych. Są to podstawowe przyczyny niepełnego rozpoznania złóż podwodnych z uwzględnieniem nagromadzeń kruszyw. Samo rozpoznanie zasobów kruszyw zalegających na dnie mórz także nastęca poważne trudności i jest kosztowne, w porównaniu do zysków płynących z pozyskanego kruszywa.

Podstawowe miejsca wydobywania

Największe wydobywanie kruszywa z morza prowadzi się u wybrzeży Anglii i Walii. Wynosi ono ponad 16 mln t rocznie, głównie frakcji 2–63 mm. Pewne ilości kruszywa wydobywa się u wybrzeży Szkocji. Także Dania wydobywa znaczne ilości kruszywa morskiego – około 10 mln t. Około 7,5 mln t piasku wydobywa się u wybrzeży Szwecji. U wybrzeży Bretanii (Francja) wydobywa się około 2 mln t piasku rocznie oraz około 1,4 mln t żwirów u ujścia Sekwany i Gironde. Łącznie z eksploatacją osadów muszelek wapiennych u wybrzeży Bretanii wydobywa się około 4,2 mln t rocznie. W Belgii, Niemczech, Norwegii, Islandii, wydobywanie kruszyw naturalnych z dna mórz wynosi od kilkudziesięciu do kilkuset tysięcy ton rocznie.

W Polsce prowadzi się okresowo wydobywanie kruszywa z Ławicy Słupskiej, które następnie dowozi się do Portu Północnego, gdzie następuje rozładunek przy pomocy refulera.

W wyniku badań geologicznych Ławicy Słupskiej do głębokości 4 m stwierdzono, że grubość warstwy kruszcowej waha się od 15 do 115 cm. Skład ziarnowy



Schemat 18. Schemat układu technologicznego przeróbki żwiru w Offendorff (Grzelak, 1995)

pobranych próbek przedstawia się następująco: ily – 10,1%; piasek – 42,1%; piasek ze żwirem – 9,5%; żwir – 8,3% (Grzelak, 1995).

3.7. Wpływ górnictwa odkrywkowego na środowisko

Kopalnie odkrywkowe spowodowały w największym stopniu zmiany w krajobrazie naturalnego środowiska Ziemi. Dokonały zmiany rzeźby terenów poprzez zdejmowanie nadkładu i jego lokalizację w innym miejscu, tworząc hałdy nadkładu i hałdy odpadów, utworzyły wyrobiska zalewane wodą opadową i spływową. Kopalnie odkrywkowe są przyczyną deformacji terenu. Elementy te tworzą **krajobraz kopalniany** na obszarze kilkuset tysięcy hektarów z Mt nadkładu i odpadów. *Największa odkrywkowa kopalnia miedzi na świecie ma szyby na głębokość 700 m, średnicę 3,2 km, a powierzchnię 7 km². Otaczają ją wykute w skale tarasy; wzdłuż nich biegnie linia kolejowa i drogi do transportu rudy* (Mannion, 2001).

Składowanie nadkładu tworzy sztuczny krajobraz, na który składają się zajmujące kilka tysięcy hektarów ściany ziemi, wysokie na kilkanaście metrów – wrażliwe na erozję wodną i wietrzną. Odpady, złożone głównie z piasków oraz szlamów poflotacyjnych, wytworzonych na miejscu w procesie przetwarzania rud metali, są szczególnie podatne na erozję wodną i wietrzną. Wywierają wpływ na jakość wody i gleby. Poziom ich radioaktywności związany jest z zanieczyszczeniem odpadami uranu.

Kopalnie odkrywkowe są źródłem zapylenia środowiska, zarówno w czasie prowadzenia wierceń otworów strzałowych, wykonywania odstrzału materiału skalnego, jak i w wyniku kruszenia, przesiewania i ładowania urobku. Zasięg rozprzestrzeniania się pyłów i czas ich opadu zależy od takich czynników, jak: wielkość ziaren pyłu, szybkość i kierunek wiatrów, występowanie opadów atmosferycznych, ukształtowanie terenu, rodzaj szaty roślinnej. W zależności od rodzaju eksploatowanej kopaliny zapylenie ma charakter neutralny dla ludzi i występującej roślinności oraz ograniczony wpływ na warunki wegetacji, lub charakter zapylenia jest wysoce toksyczny.

Ujemny wpływ na ludzi i roślinność w sąsiedztwie wyrobisk powierzchniowych wywiera powstająca w czasie odstrzału fala drgań sejsmicznych. Rodzaj podłoża skalnego, występowanie szczelin i spękań w górotworze może łagodzić (tłumić) drgania lub je wzmacniać. W miejscu wykonywania robót strzałowych, bezpośrednio po detonacji materiałów wybuchowych, występuje duże stężenie toksycznych gazów postrzałowych, gleba zostaje zanieczyszczona produktami niepełnej detonacji ładunków materiałów wybuchowych. Pozostałości te stanowią zagrożenie z uwagi na niestabilny pod względem termodynamicznym charakter substancji, a także z uwagi na ich właściwości toksyczne i kancerogenne. Wybuch prowadzi do skażenia gleby nie tylko macierzystym materiałem wybuchowym, ale również produktami jego przemian. Kancerogenne nitrozo- i aminopochodne mogą powstawać już w momencie wybuchu. Ponadto roboty wiertnicze oraz odstrzały są źródłem znacznego natężenia hałasu i występowania dużych wibracji.

Antropogenicznie odsłonięte masywy skalne i utwory glebowe są w okresach lata intensywnie nagrzewane. Powoduje to powstanie, w obrębie wyrobiska odkryw-

kowego, specyficznego sztucznego mikroklimatu wraz z występowaniem wysokiej temperatury. Okresy zimy ponownie zmieniają mikroklimat przy znacznych spadkach temperatury w nocy.

W wyniku prac odkrywkowych nastąpiły istotne zmiany procesów geomorfologicznych, które przyspieszają erozję i niszczą lokalny system drenujący, w wyniku zatykania przez opadający pył i cząstki gleby naturalnych porów w rodzimej glebie. Erozja wodna, wskutek dużego spływu powierzchniowego (np. z hałd rud uranu, fosforytów), zanieczyszcza metalami ciężkimi okoliczne gleby, wyłączając je spod upraw. Zanieczyszczeniu poddane są także wody powierzchniowe, podziemne i atmosfera.

Pyły, dymy i szlamy poflotacyjne wyłączają tereny z użytkowania rolniczego, turystycznego, rekreacyjnego i wypoczynkowego. W skali globalnej górnictwo odkrywkowe fosforytów przyczyniło się do zniszczenia kilku wysp (Nauru, Banaba na Pacyfiku).

Antropogeniczne zakłócenia procesów glebotwórczych objawiają się w postaci zmian stosunków wodnych (przekształcenia hydrologiczno-glebowe), chemizmu (przekształcenia chemiczne) oraz mechanicznych uszkodzeń pokrywy glebowej (przekształcenia geomechaniczne).

Działalność gospodarcza, jaką jest wydobywanie koralowców prowadzi do niszczenia ich naturalnych siedlisk – raf koralowych. Rify giną również z powodu zanieczyszczenia ściekami z rolnictwa, leśnictwa i ściekami komunalnymi. Wraz z rafami ginie flora i fauna, dla której są siedliskiem. Niszczenie raf prowadzi także do erozji linii brzegowych.

Odkrywki są przyczyną niwelowania gór, wzgórz, co powoduje powstanie **sztucznych terenów nizinnych**. Odkrywki „warstwowe” wymagają wycinania stopni wzdłuż stoku, a teren objęty eksploatacją przekształca się w płaski, pofalowany lub wgłębny. Odkrywka (węgla lub kruszyw budowlanych, surowców mineralnych) prowadzi do obrywów utworzonych stopni, które niszczą drogi, zbiorniki wodne, strumienie. Oberwane (nierekultywowane) lub powycinane stoki podlegają silnej erozji z powodu braku pokrywy roślinnej. Powstające w wyniku erozji osady osłabiają przepływ w strumieniach i korytach rzek, co z kolei wpływa na częstsze i gwałtowne wezbrania wód i powódzie.

Innym problemem jest eksploatacja na powierzchni ziemi, a zwłaszcza z zbiorników wodnych piasku, który użyty jest do podsadzania wyrobisk w ilości dziesiątków milionów ton rocznie. Eksploatacja ta zubaża powierzchnię ziemi, wywołuje określone szkody w środowisku naturalnym, zaburza naturalny przepływ wody w korytach rzek. Górnictwo piasków podsadzkowych w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych ubiegłego stulecia rocznie zużywało w Polsce, jedynie do podsadzania wyrobisk górniczych z zastosowaniem podsadzki płynnej, około 25 mln m³ piasku. Takie wydobywanie wymagało zajęcia około 200 ha gruntów rocznie. Górnictwo piasków wyłączyło około 11 500 ha gruntów. Z tego zreultywowano do 1999 r. około 3 500 ha pod zagospodarowanie wodne, około 3 600 ha dla leśnictwa, zaś około 500 ha objęto zagospodarowaniem rolnym lub specjalnym. W sumie zre-

kultywowano zaledwie około 7 600 ha gruntów (Krzaklewski, 2001). Mechaniczna przeróbka kopalni, oprócz dodatkowych nakładów inwestycyjnych, przynosi środowisku określone zagrożenia, które związane są, między innymi, z koniecznością magazynowania odpadów, zwłaszcza flotacyjnych i wód odpadowych. Wody odpadowe, nasycone rozpuszczalnymi składnikami urobku górniczego, niosą wiele drobnoziarnistej substancji, a w przypadku flotacji są zasobne w odczynniki chemiczne, niekiedy o charakterze toksycznym. Zakłady pracują na ogół w zamkniętym obiegu wodnym, czyli wykorzystują oczyszczoną wodę zwrotną, a jej ubytek uzupełniany jest wodą kopalnianą. Wyłania się jednak problem uzdatniania wody do stanu umożliwiającego jej zrzucenie do otwartego cieku naturalnego.

Przy wzrastającej eksploatacji odkrywkowej oraz intensyfikacji deformacji terenu, prowadzącej do odwodnienia lub nawodnienia określonych obszarów, nabierają znaczenia wszelkiego rodzaju budowle ziemne, a więc obwałowania zbiorników wodnych, nasypy, osadniki itp. (Ledwoń, 1983), które zabezpieczają tereny okalające. Budowle te stanowią jednak sztuczny element krajobrazu kopalnianego lub pokopalnianego.

Dzięki dobrej koniunkturze dla przemysłu naftowego i dzięki (...) społecznej pasji Ignacego Łukasiewicza i jego bliskich współpracowników zmieniło się oblicze biednej Galicji. (...) W ogromnym stopniu, wielka liczba nowych odkryć nastąpiła dzięki wprowadzeniu po 1884 roku kanadyjskiej metody wiercenia udarowego. Była to zasługa Kanadyjczyka o nazwisku William Henry MacGarvey (1843–1914), człowieka, który zaznaczył swój ślad również w historii przeróbki ropy naftowej a także w budowie maszyn, narzędzi i sprzętu dla polskiego górnictwa naftowego.

Sozański Józef, 1999

Rozdział 4

GÓRNICTWO OTWOROWE

W górnictwie otworowym dostęp do złoża kopaliny uzyskuje się za pomocą otworów wierconych z powierzchni Ziemi, a surowce mineralne wydobywa się również otworami wiertniczymi, bez konieczności bezpośredniego kontaktu człowieka ze złożem. Sposobem otworowym wydobywa się surowce w stanie ciekłym i gazowym (ropa naftowa, woda, wody mineralne, gaz ziemny). Otworowy sposób wydobywania stosuje się także do wydobywania niektórych kopaliny stałych. Wymaga to jednak przeprowadzenia fizycznej lub fizyko-chemicznej przemiany danego surowca, w wyniku której przejdzie on z fazy stałej w ciekłą.

Istota otworowej eksploatacji złóż kopaliny stałych polega na wprowadzeniu do złoża czynnika cieplnego, chemicznego lub mechanicznego powodującego zmianę stanu stałego w stan ciekły lub gazowy, umożliwiającą wypływ kopaliny użytecznej na powierzchnię poprzez system otworów eksploatacyjnych udostępniających złożę (Piwniak, 1990). Proces ten może być procesem temperaturowym, w którym podwyższona temperatura powoduje stopienie kopaliny (np. wydobywanie siarki) lub może być to proces zwany rozpuszczaniem, w którym kopalina ulega rozpuszczeniu i wyługowaniu ze złoża pod wpływem doprowadzonej do złoża wody (np. wydobywanie soli). Następnie kopalina ciekła zostaje wypompowana ze złoża.

Do zmiany stanu skupienia stosuje się metody elektryczne, termiczne, mechaniczne, chemiczne i inne.

4.1. Wiercenie otworów wiertniczych

W górnictwie technika udostępniania pokładów w górotworze poprzez wiercenie polega na wykonywaniu, czyli drażeniu, otworów wiertniczych w skorupie ziemskiej.

Otwory wykonuje się głównie dla:

- ustalenia budowy geologicznej określonego obszaru – jest to wiercenie badawcze;
- poszukiwania złóż kopaliny użytecznych – wiercenie poszukiwawcze;
- dokładniejszego poznania złóż już odkrytych (istniejących) – wiercenie rozpoznawcze;

- eksploatacji ciekłych i gazowych kopalin użytecznych – jest to wiercenie eksploatacyjne.

Wiercenie otworów wykonuje się także dla celów budownictwa, w tym drogownictwa, kolejnictwa oraz dla potrzeb hydrologii czy głębień szypów kopalnianych. Wykonuje się również drażnienie otworów strzałowych, w celu urobienia kopalin użytecznych materiałem wybuchowym, przy czym wiercenie tego typu wykonuje się za pomocą wiertarek.

Drażnienie otworów w skorupie ziemskiej prowadzi się najczęściej w kierunku pionowym. W przypadkach szczególnie uzasadnionych ekonomicznie, gospodarczo i społecznie, otwory drażni się także w kierunku skośnym i poziomym.

Rodzaje wierceń

Ze względu na sposób urabiania skały wiercenie dzieli się na wiercenia udarowe i wiercenia obrotowe.

Wiercenie udarowe, polega na kruszeniu skały świdrem wiertniczym. Jest to podstawowe narzędzie robocze całego przyrządu wiertniczego. Świder uderza o dno wierconego otworu. Po każdym jego uderzeniu obracany jest o pewien kąt.

Przyrząd wiertniczy zawieszony jest na przewodzie wiertniczym w postaci liny, stąd nazwa techniki wiercenia: **wiercenie liniowe**. W początkach rozwoju wiertnictwa przyrząd wiertniczy zawieszony był na przewodzie wiertniczym w postaci połączonych ze sobą prętów, tak zwanych żerdzi wiertniczych, a technika wiercenia nosiła nazwę "wiercenia żerdziowego".

Usunięcie skruszonej skały, czyli **zwiercin**, z dna otworu wiertniczego w technice udarowej odbywa się po wyciągnięciu świdra. Zwierciny usuwa się **metodą łyżkowania**, za pomocą **łyżki**, którą jest rura z kłapą lub zaworem kulowym.

Próbki skalne otrzymane z wierceń udarowych mają postać szlamistego urobku i tylko w małym stopniu przydatne są do badań petrograficznych i mineralogicznych.

Wiercenia udarowe pozwalają na osiągnięcie głębokości wierconych otworów do 2 tysięcy metrów.

Wiercenia obrotowe oparte są na technice stałego obracania się świdra i skrawania, ścierania lub kruszenia skały jego ostrzem. Najprostszym wierceniem obrotowym jest wiercenie okrętne, wykonywane ręcznie. Wwiercenia obrotowe mechaniczne pozwalają na osiąganie dużych głębokości otworów wiertniczych, nawet ponad 11 tysięcy metrów.

Mechaniczne wiercenia obrotowe dzielą się na:

- **Wiercenia rdzeniowe**, które oparte są na skrawaniu, za pomocą koronki rdzeniowej, tylko pierścienia skały na obwodzie otworu wiertniczego. Wewnątrz otworu pozostaje nienaruszony rdzeń skalny, który stanowi nienaruszoną próbkę skały.
- **Wiercenia pełnotworowe**, polegające na skrawaniu skały świdrem (skrawającym, gryzowym, słupkowym, rdzeniowym, diamentowym, turbowiercem) całej powierzchni otworu.

W zależności od sposobu wprowadzania w ruch obrotowy świda, wiercenia obrotowe dzielą się na:

- **Wiercenia stołowe**, w których ruch stołu obrotowego (rotacyjnego), napędzanego silnikiem, przenoszony jest na przewód wiertniczy i połączony z nim świder. Spód otworu wiertniczego oczyszczany jest ze zwiercin bez przerywania wiercenia, przez krążącą w otworze **płuczkę wiertniczą**.
- **Wiercenia turbinowe**, które prowadzi się przy użyciu tzw. turbowiertu, czyli turbiny hydraulicznej uruchamianej włączaną przez rury płuczką wiertniczą. Silnik napędowy umieszczony jest w otworze wiertniczym, bezpośrednio nad świdrem. W czasie wiercenia obraca się tylko świder, zaś przewód wiertniczy pozostaje nieruchomy. Zamiast turbiny hydraulicznej stosuje się również silniki elektryczne, a całe urządzenie nosi wówczas nazwę elektrowiertu.

Zwieńczeniem końca prac wiertniczych w otworze, obejmujących jego głębienie i orurowanie jest ukończony otwór wiertniczy, nazywany **odwiertem**. Cylindryczna powierzchnia utworzona w odwiercie w czasie jego wiercenia nosi nazwę **ściany odwiertu**. Materiał uszczelniający przewiercane warstwy górotworu stanowi **okładzinę odwiertu**, którą są rury okładzinowe oraz cement.

Skąły znajdujące się wokół odwiertu tworzą **strefę przyodwiertową**. W strefie tej zachodzą największe odkształcenia skał podczas przewiercania, udostępniania i opróbowania poziomu. Ponadto zachodzą procesy przemieszczania, kawernowanie, rozwały i pełzanie skał.

4.2. Otworowa eksploatacja złóż kopalin stałych

Otworowe metody eksploatacji kopalin dzieli się w zależności od rodzaju zastosowanego oddziaływania na złoża na:

- podziemne **rozpuszczanie i ługowanie** kopalin: stosowane do wydobywania rudy miedzi, rudy uranu, soli kamiennej;
- podziemne **wytapianie**: stosowane do wydobywania ze złoża siarki, wosku mineralnego i asfaltów;
- podziemne **roztwarzanie wodą**: stosowane do wydobywania soli kamiennej, potasowej, sody glauberytowej, biszofitu;
- podziemna **gazyfikacja** (rozkład chemiczny przez podgrzewanie): stosowana do zgazowania węgla, destylacji łupków bitumicznych;
- podziemna **redukcja i sublimacja**: stosowana do pozyskiwania ze złoża rtęci, antymonu i arsenu.

Sposobem otworowym prowadzona jest także eksploatacja złóż piasku i pokładów węgla, które zalegają na dużych głębokościach. W tym przypadku złożo poddawane jest najpierw mechanicznemu urabianiu (rozdrabnianiu), a następnie doprowadza się, pod wysokim ciśnieniem, silny strumień wody poprzez dysze umieszczone na dnie otworu. Płynna mieszanina wody z piaskiem, lub rozdrobnionej frakcji węgla, wypompowywana jest na powierzchnię.

Metoda otworowa służyć może też do ogrzewania wody w zabudowaniach mieszkalnych, czyli do pozyskiwania energii cieplnej z wnętrza litosfery. Woda

właczana jest otworami wiertniczymi do termicznych pokładów skalnych (o wysokiej temperaturze), gdzie ogrzewa się i wydobyta na powierzchnię kierowana jest magistralą ciepłowniczą do odzysku energii cieplnej (poprzez ogrzewanie zabudowań mieszkalnych).

Otworowe metody eksploatacji kopalin

Do najczęściej stosowanych metod otworowej eksploatacji złóż kopaliny starych należą metody podziemnego ługowania, podziemnego wytapiania, podziemnego roztwarzania wodą, podziemnego hydraulicznego urabiania i podziemna gazyfikacja.

- **Ługowanie** złoża (Schemat 19): polega na chemicznym lub biologicznym, selektywnym oddziaływaniu czynnika na określone minerały kopaliny użytecznej. Czynniki chemiczne, pełniące funkcję rozpuszczalnika, włączane są w sposób kontrolowany z powierzchni ziemi przez **otwór wiertniczy (zasilający)** do warstwy złoża kopaliny. Nasycony roztwór surowca mineralnego (produkt ługowania) wydobywany jest przez **otwór eksploatacyjny** i rurociągami przesyłany do dalszej przeróbki.

Rozpuszczalnikiem jest substancja dobierana indywidualnie dla złoża kopaliny o określonych cechach chemicznych. Najczęściej są to roztwory wodne kwasu siarkowego, solnego i azotowego lub roztwory alkaliczne (NaCO_3 , NaHCO_3). Podstawą metody jest zdolność rozpuszczalnika (i jego połączeń) do tworzenia wodnych roztworów – przy oddziaływaniu z pokładem skalnym złoża kopaliny – oraz zdolność powstałego roztworu do filtracji w skałach produktywnego horyzontu.

Złoża bardzo twarde – monolityczne, nieprzepuszczalne – wydobywane są metodą ługowania po uprzednim rozdrobnieniu systemem otworów strzałowych. Rozdrobniona skała nasycana jest rozpuszczalnikiem chemicznym. Roztwory produktywnie ściekając po ścianach wyrobiska są zbierane w spągu złoża i wypompowywane na powierzchnię.

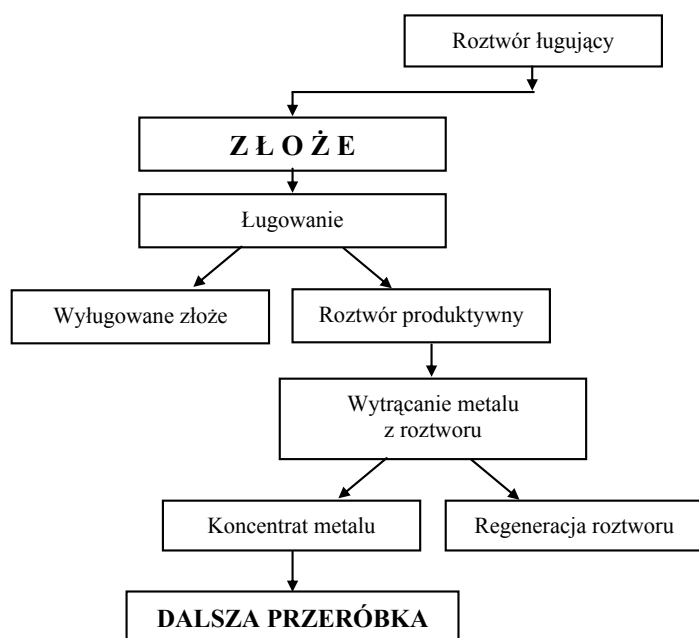
Stosując tę metodę, zwraca się istotną uwagę na dużą wytrzymałość warstw spągowych (podścielających złoża) na rozpuszczanie i ich nieprzepuszczalność w celu zapobieżenia ucieczkom rozpuszczalnika i nasyconego roztworu.

Metoda ługowania stosowana jest najczęściej do eksploatacji rud.

- **Wytapianie złoża**: polega na nagraniu pokładu kopaliny gorącą wodą do temperatury powyżej punktu topienia i wypompowanie produktu w stanie ciekłym na powierzchnię przez otwór wiertniczy. Otwór wiertniczy posiada co najmniej trzy kolumny rur: **rury zasilające** służą do doprowadzenia na dno otworu gorącej wody i sprężonego powietrza; **rury eksploatacyjne** służą do wydobywania roztopionego surowca mineralnego na powierzchnię Ziemi. W metodzie tej istotne jest zapobieżenie ucieczkom nośnika ciepła lub przedarcia się wody na powierzchnię litosfery. Uwarunkowane jest to obecnością nieprzepuszczalnych warstw nadkładu oraz skał podścielających

złoże. Metoda wytapiania stosowana jest głównie do wydobywania siarki, wosku mineralnego, asfaltów.

- **Roztworzenie wodą:** polega na rozpuszczaniu złóż wodą i wydobywaniu nasyconego roztworu na powierzchnię. Otwór eksploatacyjny musi posiadać trzy kolumny rur: do doprowadzenia wody do złoża, doprowadzenia wypełniacza (olej napędowy, powietrze) i do wydobywania roztworu surowca mineralnego na powierzchnię. Metodę stosuje się do eksploatacji złóż soli kamiennej, potasowej, biszofitu, sody i soli glauberytowej.
- **Eksploatacja hydrauliczna złoża:** polega na mechanicznym rozkruszeniu skały strumieniem wody. Na dnie otworu (kawerny) gromadzi się pulpa, która wydobywana jest za pomocą hydroelewatorów lub airliftów na powierzchnię. Oprócz wody stosuje się energię wibracji i wybuchów, chemiczny i mikrobiologiczny rozkład substancji cementujących kopalinę użyteczną. Rozkruszone cząstki kopaliny przedostają się do otworu eksploatacyjnego pod działaniem ciężaru właściwego lub za pomocą tłoczonych pod ciśnieniem strumieni wody. Metodę stosuje się do eksploatacji pokładów złóż miękkich, sypkich i słabozwięzłych, jak rudy uranu, fosforytów, grafitu i innych.
- **Gazyfikacja:** jest metodą eksploatacji pokładów węgla kamiennych, brunatnych, łupków bitumicznych, a także siarki. Polega na spalaniu kopaliny użytecznej w warstwie złoża i uzyskiwaniu produktów gazyfikacji, czyli gorących gazów energetycznych, technologicznych i innych. Eksploatacja polega



Schemat 19. Otworowe wydobywanie surowca mineralnego metodą ługowania złoża (Piwniak, Dudla, Zięba, Ziąja, 1990)

na doprowadzeniu do złoża pod ciśnieniem, przez jeden system otworów, utleniacza (substancji utleniającej): powietrza, tlenu, pary wodnej i wodno-powietrznych mieszanin. Zadaniem utleniacza jest podtrzymywanie palenia się kopaliny użytecznej. Utleniacz poprzez szczeliny i pory pokładu kopaliny przedostaje się do generatorów zapalających – doprowadzanych drugim systemem otworów do złoża. Ten system otworów służy równocześnie do odprowadzenia produktów palenia do użytkownika.

Pokłady kopaliny paliw kopalnych słabo przepuszczalnych i zwięzłych poddawane są zabiegom sztucznego zwiększenia przepuszczalności warstw produkcyjnych. Zabieg ten polega na hydraulicznym szczelinowaniu lub stosowaniu metody strzałowej przy użyciu ładunków wybuchowych.

Solnictwo

Solnictwo inaczej określane jest mianem **halurgii**. Jest to dział górnictwa obejmujący zagadnienia związane z występowaniem, eksploatacją i przeróbką soli, głównie kamiennej.

Sól ze złóż eksploatuje się dwiema metodami:

- **Mokra metoda wydobywania soli**, oparta jest na ługowaniu soli ze złoża i wydobywaniu jej w postaci roztworu wodnego, czyli solanki. Ługowanie prowadzi się przez natryskiwanie wodą ścian wyrobiska. Wodę wprowadza się do kopalni i napełnia podziemne komory lub wtłacza się wodę do złoża za pomocą otworów wiertniczych. Sól odzyskuje się przez odparowanie z roztworu solanki wody.

Proces ten prowadzi się w zakładach przeróbczych nazywanych **salinami**, a zwłaszcza w tak zwanych **warzelniach soli**.

- **Sucha metoda eksploatacji pokładów soli** przeprowadzana jest w podobny sposób, jak w przypadku eksploatacji innych kopaliny użytecznych (węgla, rud), czyli za pomocą maszyn, urządzeń i materiałów wybuchowych.

Kopalnie soli borykają się z problemem zagrożenia wodnego, zarówno ze strony wód podziemnych, jak i powierzchniowych. Woda powoduje osłabienie i rozszczelnienie górotworu. Skutkiem tego zjawiska są pojawiające się szczeliny, a nawet kawerny, które mogą być wypełniane piaskiem lub mułem przyniesionym przez wodę spoza granicy złoża solnego. Uszczelnianie, wzmacnianie i izolację górotworu solnego prowadzi się przez zastosowanie zaczynów cementowych. W kopalniach soli stosuje się solankowe zaczyny cementowe, sporządzane na solance, jako cieczy zarobowej. Skład chemiczny solanki powinien przy tym odpowiadać składowi chemicznemu uszczelnianego górotworu, łącznie ze stopniem rozpuszczalności. Istotna jest temperatura środowiska uszczelnianego górotworu, która powinna odpowiadać pełnemu nasyceniu solanki. Ponadto, parametry wytrzymałościowe uszczelnionego gruntu i skał powinny być tak dobrane, aby eliminowały występowanie przemieszczeń i deformacji w górotworze, a zaczyn solankowy zapewniał stabilność i konsolidację ośrodka gruntowego i masywu skalnego (Stryczek, Gonet; 2001).

4.3. Otworowa eksploatacja złóż kopalin płynnych

Technika eksploatacji otworowej ma zastosowanie przede wszystkim do eksploatacji różnego rodzaju złóż ropy naftowej i gazu ziemnego. Są to paliwa kopalne zalegające na różnych głębokościach i w różnych miejscach litosfery, zarówno na obszarach lądów jak i pod powierzchnią mórz i oceanów. Z tego powodu, projektując poszukiwania ropy i gazu wierceniami otworowymi, zwraca się uwagę na technikę dowiercania i udostępniania perspektywicznych poziomów produkcyjnych. Decyduje ona o efektywności przeprowadzanych prób i o ocenie przemysłowej wartości złóż. Zastosowanie nieprawidłowej techniki często jest przyczyną uszkodzenia przepuszczalności strefy przyodwiertowej, co jest skutkiem równie częstych negatywnych wniosków, co do możliwości znalezienia ropy lub gazu podczas prowadzenia wierceń poszukiwawczych.

Eksploatacja złóż kopalin płynnych wymaga oceny systemu energetycznego złoża, bowiem miejsce po wydobytej ropie naftowej, gazie ziemnym i wodzie złożowej musi zostać wypełnione jakimś medium. Są to rozszerzające się substancje pozostałe w złożu, jak ropa, gaz, skała, woda lub substancje dopływające do złoża z obszarów położonych na zewnątrz.

Warunki występowania złóż ropy naftowej i gazu ziemnego

Złoża ropy naftowej i gazu ziemnego powstały na przestrzeni minionych tysięcy lat. Ich źródłem są skały osadowe (piaskowce, wapień, dolomity), będące skałami macierzystymi, powstałe z nagromadzonej substancji organicznej pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Procesy gromadzenia substancji organicznej zachodziły w różnych regionach, a tworzenie złóż ropy i gazu następowało we wszystkich okresach geologicznych, poprzez jej przeobrażenia w kolejnych stadiach: diagenety, katagenety i metamorfizmu. Złoża ropy i gazu tworzyły się w wyniku migracji pionowej i poziomej węglowodorów, powstałych w skałe macierzystej, przez porowato-szczelinowate zbiorniki skalne i ostatecznego gromadzenia się ich w pułapkach geologicznych.

Możliwość gromadzenia kopalin płynnych warunkowana jest składem granulometrycznym skały zbiornikowej, rodzajem spoiwa (ilaste, margliste, wapienne, krzemionkowe, żelaziste), jej własnościami fizycznymi, takimi jak: porowatość, szczelinowatość, przepuszczalność, stan nasycenia płynem złożowym, krzywa ciśnienia kapilarnego, przewodność elektryczna. Istotne znaczenie ma także wytrzymałość skał zbiornikowych i odporność na działanie sił zewnętrznych, które to cechy warunkowane są własnościami fizyko-mechanicznymi skał, składem mineralnym i granulometrycznym oraz fizycznymi parametrami płynu nasycającego skałę, ciśnieniem złożowym i ciśnieniem górotworu otaczającym złożo. Analiza zbiornika kopalin płynnych nie może pominąć parametrów mechanicznych skał, jakie znajdują się w stropie i spągu poziomu produkcyjnego.

Złoża ropy i gazu klasyfikowane są w różny sposób. Najprostszy podział wydziela (Szostak, 1971):

- **pułapki strukturalne**, powstałe w czasie deformacji skorupy ziemskiej przy tworzeniu się uskoków i fałdów;

- **pułapki stratygraficzno-litologiczne**, powstałe w wyniku zmiany litologii, szczególnie wyklinowania się przewarstwień produktywnych i porowatych, lub występowania niezgodności stratygraficznych;
 - **pułapki kombinowane**, strukturalno-stratygraficzne.
- Ogólny podział złóż ropnych i gazowych wyróżnia:
- **złoża warstwowe**: siodłowe oraz ekranowane tektonicznie, stratygraficznie lub litologicznie;
 - **złoża masywowe**: antyklinalne, erozyjne i biogeniczne;
 - **złoża ograniczone litologicznie** ze wszystkich stron, czyli uszczelnione skałami nieprzepuszczalnymi lub wodonośnymi.

Zespół złóż ropy naftowej i gazu ziemnego, związany z jednolitym typem strukturalnym i leżący w obrębie tego samego obszaru określa się jako **pole naftowe**.

Dowiercanie i udostępnianie złóż kopalin płynnych

Dowiercanie i opróbowanie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego prowadzi się na bazie określającej **strefy eksploatacyjne**. W ich skład wchodzi powierzchnia poziomu produktywnego udostępniana w czasie wiercenia, perforacji, torpedowania lub wykonywania innych czynności. W strefie eksploatacyjnej zachodzi proces przepływu płynu złożowego z porowato-szczelinowego ośrodka do odwiertu.

Wokół strefy eksploatacyjnej, w czasie opróbowania poziomu produktywnego, tworzy się **strefa zmniejszonego ciśnienia** (depresji). W tym samym czasie w złożu ustala się gradient ciśnienia skierowany w kierunku odwiertu. Występująca w procesie wiercenia otworu represja, wywołana ciśnieniem hydrostatycznym i dynamicznym płuczki, powoduje przenikanie filtratu płuczki (lub samej płuczki) w skały. Granice zasięgu strefy przyodwiertowej w poziomie produktywnym wyznacza promień strefy, do której następuje przenikanie filtratu płuczki, a także promień strefy, w której znajdują się kanały przebicia pocisku, kumulatywne lub erozyjne kanały perforacyjne, sztucznie utworzone szczeliny, przenikanie kwasu i tworzenie się kanałów w wyniku trawienia skały.

Uszkodzenie strefy przyodwiertowej jest skutkiem zmniejszenia przepuszczalności skutecznej skał górotworu w tej strefie. Przyczyną tego może być migracja cieczy, gazów oraz cząstek stałych, których źródłem jest płuczka wiertnicza, zaczyn cementowy, cieczy stosowane jako przybitka przy udostępnianiu poziomu produktywnego oraz cieczy używane przy obróbce strefy przyodwiertowej (np. do hydraulicznego szczelinowania, kwasowania, przemywania roztworami środków powierzchniowo czynnych).

4.4. Płuczka wiertnicza

Przejęcie z metody wierceń udarowych na wiercenia obrotowe pozwoliło na szybsze, bardziej ekonomiczne i dokładniejsze rozpoznanie przewierczanych pokładów oraz uzyskanie większej głębokości wiercenia – do 300 m przy stosowaniu liniowych wiertnic, a przy stosowaniu wierceń wielkośrednicowych, tj. o średnicy od 0,5 m do 1,36 m głębokość wiercenia osiągnęła 1 000 m. Uzyskanie tych głębokości jest możliwe przy zastosowaniu odpowiednich płuczek wiertniczych.

Płuczka wiertnicza, stosowana w górnictwie otworowym jest cieczą o specjalnych parametrach fizyko-chemicznych, używaną podczas wiercenia otworu górniczego. Jej zadaniem jest wynoszenie rozdrobnionej skały (zwiercin) z dna otworu wiertniczego na powierzchnię. Płuczka wiertniczą stosuje się także do wywierania ciśnienia hydrostatycznego, utrzymującego ściany otworu wiertniczego w równowadze oraz do chłodzenia narzędzia wierzącego (świdra). Zużyta płuczka wiertnicza i zwierciny kierowana jest do specjalnych basenów, czyli **dołów zwiercionowych**.

Płuczka wiertnicza ma do spełnienia szereg zadań:

- Oczyszczenie dna otworu i wynoszenie zwiercin, w celu zwiększenia prędkości postępu mechanicznego wiercenia.
- Wywieranie przeciwcisnienia w otworze (przeciwdziałanie temu ciśnieniu), bowiem przewiercane pokłady znajdują się w otworze pod określonym ciśnieniem, które zazwyczaj jest równe (lub znacznie wyższe) ciśnieniu hydrostatycznemu wody (ciśnienie słupa wody w danej głębokości), solanki, ropy czy gazu.
- Howanie ściany otworu, aby woda z płuczki nie przenikała w pokłady, co może skutkować ich rozmakaniem i osypywaniem się skały ze ścian. Ten sam il, stanowiący warstwę ochronną, nie powinien powodować kolmatacji (zatykania) porów i szczelin w pokładach.
- Chłodzenie świdra, który nagrzewa się wskutek tarcia i smarowanie przewodu wiertniczego w celu zmniejszenia tarcia przewodu wiertniczego o ściany otworu, co zmniejsza czas jego pracy.
- Odprowadzenie powstającego w wyniku tarcia ciepła.
- Utrzymanie w stanie zawieszonym zwiercin w czasie przerw w krążeniu płuczki (np. w wyniku uszkodzenia przewodu wiertniczego) mające na celu zapobieganie opadaniu zwiercin na dno otworu, co mogłoby być przyczyną przychwycenia przewodu wiertniczego.

W pierwszych okresach po wprowadzeniu wierceń obrotowych występowały liczne trudności związane z osypywaniem się ścian otworu, przechwytywaniem przewodu wiertniczego, wyrzucaniem płuczki z otworu lub jej ucieczką w warstwy pokładu (zanikiem).

Zaniki płuczki występują wskutek istniejących w skale porów i szczelin oraz ich znacznych rozmiarów. Istotny jest również sposób ułożenia szczelin i gęstość ich rozmieszczenia w przewiercanych warstwach. Stanowią one ten element górotworu, którego cząstki ilu z płuczki nie mogą „zakleić”. Szczeliny mogą być tak duże, że tworzą tzw. zjawiska krasowe, charakteryzujące się jamami, kawernami i grotami, a także mogą tworzyć podziemne zbiorniki wód. Płuczka wnika wówczas przez szczeliny, pory na większe odległości od otworu wiertniczego, przez co następuje jej utrata. Ponadto zanieczyszcza pokład złoża lub zbiorniki wód podziemnych. Są to częste zjawiska w takich skałach, jak wapienie, dolomity, gipsy, anhydryty, zlepieńce, piaskowce wapniste i margle.

Aby zapobiec ucieczkom płuczki wiertniczej musi ona charakteryzować się odpowiednimi własnościami fizyko-chemicznymi. Własności te zmieniają się w cza-

się wiercenia otworów, a wielkość zmian zależy od charakteru przewiercanych skał – inne są dla pokładów soli, inne dla iłó, iłółupków, piaskowców, pokładów ropy czy gazu.

Specyficzne właściwości fizyko-chemiczne nadają płuczce różnorodny związek chemiczny, które określa się jako:

- **Regulatory lepkości:** np. mleczo bentonitowe, fosforany, taniny (garbniki) pochodzenia roślinnego i syntetycznego, kwaśny pirofosforan sodu, heksametrafosforan sodu, lignosulfoniany sodu w postaci ługów, humusy, węglany.
- **Regulatory filtracji:** np. tyloza, skrobia, humusy, mydła sodowe.
- **Regulatory ciężaru właściwego:** np. sproszkowane rudy żelaza, sproszkowany baryt, odpady pyłu wielkopieczowego, rudy metali nieżelaznych (galena, blenda cynkowa).
- **Regulatory wytrzymałości strukturalnej:** np. dodatki, jak węglan sodu, fosforany, wysokokoloidalny ił, soda kaustyczna, sól kuchenna.

Do zapobieżenia ucieczkom płuczki stosuje się mieszaniny pęczniące (bentonit z olejem napędowym lub dodatek szkła wodnego), mieszaniny gruźlące (np. węglan sodowy z chlorkiem wapnia, roztwór szkła wodnego z kwasem solnym lub chlorkiem wapnia), mieszaniny cementowe, cementowo-olejowe. Wszystkie te dodatki wpływają na własności płuczki wiertniczej, która może być wodna, olejowa i inna w zależności od składu. Wiele z nich należy do związków toksycznych: np. związki fenolowe, chromiany i dwuchromiany, azbest, ołów czy bentonity lub organiczne polimery.

Szkodliwy wpływ płuczki na produktywną strefę przyodwiertową objawia się zmniejszeniem wydobywania ropy, gazu, wody z odwiercanych otworów oraz znacznym przedłużeniem się czasu wywołania produkcji. Znane są przypadki nie uzyskania produkcji z dowiercanych otworów na skutek utraty ciśnienia złożowego lub kolmatację (zalepienie) przez płuczkę produktywnych pokładów.

Znaczne zmniejszenie przepuszczalności złoża spowodowane jest tworzeniem się trwałych emulsji w porach skał, zwiększeniem sił kapilarnych na skutek dostawania się w pory skał filtratu o dużym napięciu powierzchniowym, pęcznieniem i dyspersją lepiszcza iłowego skał pod wpływem filtratu z płuczki.

Podstawą bezpiecznego stosowania płuczek jest stosowanie zastępczych, nie toksycznych materiałów płuczkowych oraz utrzymanie odpowiedniego poziomu oczyszczania płuczki.

4.5. Wpływ górnictwa otworowego na środowisko

Rozwój technik wiertniczych umożliwia wykonywanie otworów wiertniczych o znacznych głębokościach: powyżej 5 000 m, a nawet powyżej 10 000 m (choć rzadziej). Jest to wyrobisko w kształcie cylindrycznego otworu o znacznej długości, sięgającej w głąb skorupy ziemskiej, w stosunku do średnicy. Otwór wiertniczy wiercony w skałach litosfery zmienia ciśnienie skał otaczających, warunki geologiczne i hydrogeologiczne podłoża skalnego. Przemieszczanie się w otworze wiertniczym

przewodu wiertniczego, w czasie wykonywania prac dźwigowych, powoduje zmiany ciśnienia płuczki wiertniczej. Zmiana ta jest przyczyną naruszenia stabilności skał w strefie przyotworowej i stwarza niebezpieczeństwo powstawania rozwałów skał, przechwyceń przewodu wiertniczego, niekontrolowanych przepływów płynów złożowych, erupcję płynów złożowych do otworu wiertniczego i na powierzchnię, hydraulicznego szczelinowania skał i ucieczek płuczki w rozwarstwione skały (Dubiel, Chrząszcz, Rzyczniak, 2001).

Wykonane otwory wiertnicze zabezpiecza się przed osypywaniem i zgniataaniem ścian kolumną rur okładzinowych, które zapuszcza się w miarę pogłębiania się otworu (Schemat 20 i 21). Część rur z systemu kolumnowego nosi nazwę **traconych**, bowiem nie zostają wydobyte na powierzchnię ziemi po zakończeniu prac górniczych. Kolumna rur traconych zapuszczona do otworu wiertniczego jest w nim cementowana, stanowiąc wówczas element zanieczyszczenia górotworu.

W trakcie zapuszczania i cementowania kolumny rur traconych mogą wystąpić jeszcze inne awarie, związane z powstaniem takich zjawisk, jak (Dubiel, Ziaja, 2001): zanik zaczynu cementowego; zgniecenie kolumny rur traconych; uszkodzenie zaworu zwrotnego umieszczonego w bucie kolumny; defekty łącznika lub jego niezamierzone zacementowanie; niezamierzone a przedwczesne zapięcie wieszaka kolumny rur traconych, uniemożliwiające doprowadzenie kolumny do pożądanej głębokości; defekty rur płuczkowych, na których zapuszcza się kolumnę rur traconych; przechwycenie kolumny rur traconych w skałach niestabilnych otworu nieorurowanego lub z powodu różnicy ciśnienia. Wymienione defekty są przyczyną zanieczyszczenia górotworu. Wpływają na stopień zanieczyszczenia okalających wód podziemnych i złóż kopalin stałych lub ciekłych. Stwarzają poważne trudności techniczne przy próbach ich eliminacji, wymagając zastosowania dodatkowego sprzętu i nowych technologii na powierzchni ziemi. Te dodatkowe czynności i elementy są kolejnym etapem oddziaływania człowieka na środowisko i choć są konieczne mają negatywny wpływ na przyrodę.

Konsekwencją rozwoju górnictwa wiertniczego jest zajmowanie coraz większych powierzchni gruntów pod wiertnie, urządzenia i obiekty towarzyszące. Wiertnictwo wymaga użycia coraz większych ilości czystej wody dla celów technologicznych i socjalnych, co przyczynia się do zwiększenia ilości ścieków i skażonych wód technologicznych.

Źródłem zanieczyszczenia środowiska są także miejsca wytwarzania płuczki wiertniczej i jej obiegu, a szczególnie urządzenia, takie jak koryta płuczkowe, sita płuczkowe (wibracyjne), węże płuczkowe, a także zespoły prądotwórcze wymagające środków smarnych. W wierceniach płuczkowych tymczasowe zabezpieczenie ścian otworu wiertniczego, jeszcze przed jego orurowaniem, uzyskuje się przez zastosowanie płuczki wiertniczej. Wzrasta więc zużycie różnych, specjalnych płuczek wiertniczych w dużej objętości, obrabianych często odczynnikami chemicznymi nieobojętnymi, a nawet toksycznymi i szkodliwymi dla środowiska naturalnego. W pracach wiertniczych częstym efektem stosowania niewłaściwej płuczki są jej ucieczki w struktury geologiczne, gdzie prowadzi do zanieczyszczenia potencjal-

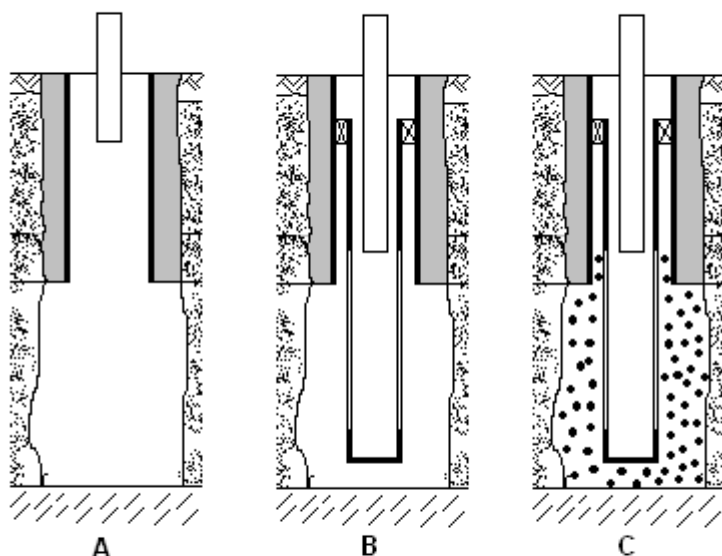
nych pokładów złóż kopalin i wód podziemnych. Ujemnym zjawiskiem stosowania płuczki wiertniczej podczas wykonywania odwiertów, a także zaczynów cementowych stosowanych do ich orurowania jest przenikanie w produktywny poziomy górotworu wody lub filtratu z płuczki i zaczynu cementowego (jego zadaniem jest zapewnienie szczelności układu rury okładzinowe–cement–skała). Skutkiem tego zjawiska jest usuwanie płynów złożowych ze strefy przyodwiertowej i przenikanie jej w głąb złoża, a także zwilżanie wodą porów i szczelin.

Zużyta płuczka wiertnicza stanowi odpady płuczkowe, zanieczyszczone różnego rodzaju środkami chemicznymi. Stanowi ona niezwykle skomplikowaną wieloskładnikową mieszaninę, trudną do rozdzielania na poszczególne substancje celem ich neutralizacji. Z tego powodu wiertnictwo otworowe wymaga budowy dołów zwiercinowych (urobkowych), o dużych pojemnościach, rzędu nawet kilku tysięcy metrów sześciennych, służących do przechowywania zużytej płuczki i wydobytych zwiercin. Przykładowo: dół zwiercinowy o głębokości do 2 000 m powinien mieć pojemność około 0,8 m³ na 1 m otworu wiertniczego; dla dołów zwiercinowych o mniejszej głębokości (poniżej 2 000 m) pojemność powinna wynosić około 0,6 m³ na 1 m otworu wiertniczego.

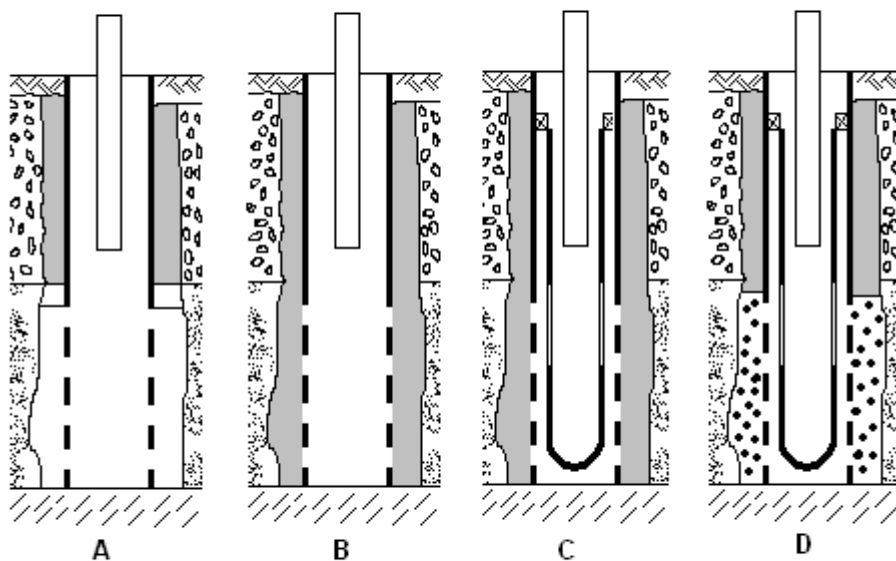
Niektóre z awarii i komplikacji występujących w wiertnictwie z zastosowaniem płuczki wiertniczej, sposoby zapobiegania niepożądanym zjawiskom oraz ich następstwa (wynikające z niedoborów techniki) ilustruje poniższa Tabela 12.

Istotne z punktu ochrony środowiska zanieczyszczenie występuje przy wydobyciu surowców ciekłych, jak węglowodory. Podczas eksploatacji kopalin ciekłych w strefie przyodwiertowej, przy dowiercaniu poziomu produktywnego, mogą wystąpić takie negatywne zjawiska, jak (Szostak, 1971): wypieranie ze strefy przyodwiertowej ropy przez wodę, wody złożowej przez ropę, wody złożowej przez filtrat; wydzielanie się gazu z ropy i wody, nasycenie cieczy gazem, mieszanie się ropy z filtratem oraz wody złożowej z ropą; łączny przepływ tych mediów przez porowato-szczelinowate środowisko strefy przyodwiertowej; przenikanie w skałę płuczki lub drobnej fazy dyspersyjnej iltu; tworzenie się emulsji ropnych z cieczami złożowymi i wodą, wytrącanie się nierozpuszczalnych soli, wypadanie cząstek asfaltu i parafiny; zatykanie porów skały pęczniejącymi lub nie pęczniejącymi cząstkami minerałów ilastych, oddzielających się od szkieletu skały górotworu; zatykanie porów i mikroszczelin poziomu produktywnego płuczką lub stałymi cząstkami iltu czy urobku pochodzącymi z płuczki; tworzenie się na ścianie otworu wiertniczego osadu cementowego; zmiana położenia niescementowanych cząstek skały zbiornika złożowego; oddziaływanie bakterii. Wymienione negatywne zjawiska mają duży wpływ na ograniczenie wydobycia ropy i gazu w odwiertach eksploatacyjnych.

Podczas wykonywania otworu wiertniczego nawiercane są różne wody wglębne o rosnącej mineralizacji, które w fazie wiercenia przedostają się do płuczki wiertniczej, a w fazie prób wydobywczych wydostają się na powierzchnię ziemi. Ponieważ są zanieczyszczone płuczką i węglowodorowymi płynami złożowymi zanieczyszczają środowisko naturalne, a tym samym tracone są krople, które w innych warunkach środowiska stanowią cenne źródło życia. Cenne ilości wody traczone są dla



Schemat 20. Orurowanie otworów wiertniczych przy postawieniu eksploatacyjnej kolumny rur okładzinowych w stopie warstwy roponośnej („Poradnik Górnika Naftowego”, praca zbiorowa, Wyd. „Śląsk”, 1969): A – bez filtru; B – z filtrem odwiertowym; C – z filtrem piaskowym



Schemat 21. Orurowanie otworów wiertniczych przy postawieniu eksploatacyjnej kolumny rur okładzinowych w spągu warstwy roponośnej („Poradnik Górnika Naftowego”, praca zbiorowa, Wyd. „Śląsk”, 1969): A – warstwa produkcyjna niecementowana; B – Kolumna rur zacementowana w warstwie produkcyjnej; C – Kolumna rur zacementowana w warstwie produkcyjnej z filtrem odwiertowym

Tabela 12. Rodzaje awarii i komplikacji wiertniczych występujących przy stosowaniu kolumny rur traconych oraz przyczyny i następstwa ich występowania (Dubiel S., Ziaja J.; 2001)

Rodzaj awarii lub komplikacji	Przyczyny powstania awarii lub komplikacji	Zapobieganie	Następstwa
Hydrauliczne szczelinowanie skał	<ul style="list-style-type: none"> * Duża prędkość zapuszczania kolumny rur traconych * Niekorzystne parametry płuczki wiertniczej (lepkości plastycznej płuczki – η_p; rzeczywistej granicy płynięcia płuczki – τ_0; ciężaru właściwego płuczki – γ_p) * Niski gradient szczelinowania skał * Nieostrożne osadzanie kolumny w klinach stołu 	<ul style="list-style-type: none"> * Określenie rzeczywistych wartości ciśnień; chłonności i szczelinowania skał * Regulacja parametrów płuczki * Symulacja zmian ciśnienia płuczki podczas zapuszczania kolumny rur traconych 	<ul style="list-style-type: none"> * Zaniki płuczki * Znaczna utrata wysokości słupa zaczynu poza kolumną rur traconych * Erupcja płynu złożowego
Zaniki płynów wiertniczych	<ul style="list-style-type: none"> * Występowanie skał szczelinowatych * Duża prędkość zapuszczania kolumny rur traconych 	<ul style="list-style-type: none"> * Określenie przyrostu ciśnienia płuczki podczas zapuszczania kolumny rur traconych 	<ul style="list-style-type: none"> * Możliwość wystąpienia erupcji pozarurowej * Zaniki zaczynu
Przepływ płynu złożowego do otworu	<ul style="list-style-type: none"> * Zbyt mały ciężar właściwy płuczki * Powstawanie zjawiska implozji w przestrzeni pierścieniowej otworu 	<ul style="list-style-type: none"> * Regulacja ciężaru właściwego płuczki 	<ul style="list-style-type: none"> * Wystąpienie rozwiniętej erupcji płynu złożowego
Zgniecenie kolumny rur traconych	<ul style="list-style-type: none"> * Występowanie skał niestabilnych w profilu otworu 	<ul style="list-style-type: none"> * Intensywne przerabianie i płukanie otworu * Regulowanie parametrów płuczki * Poszerzanie otworu 	<ul style="list-style-type: none"> * Wyciąganie kolumny rur traconych z otworu * Obwiercanie kolumny rur traconych * Odchylanie otworu ponad przechwyconą kolumną rur traconych
Uszkodzenie zaworu zwrotnego	<ul style="list-style-type: none"> * Gwałtowne osadzanie kolumny w klinach * Zastosowanie nieodpowiedniego zaworu zwrotnego 	<ul style="list-style-type: none"> * Regulacja ciężaru właściwego cieczy wyprzedzającej, zaczynu cementowego i przybitki 	<ul style="list-style-type: none"> * Możliwość zgniecenia kolumny rur traconych * Cofnięcie zaczynu cementowego do wnętrza kolumny rur traconych
Defekty łącznika lub jego zacementowanie	<ul style="list-style-type: none"> * Zatarcie gwintu * Złe odciążenie połączenia rurowego łącznik – kolumna rur traconych * Zbyt duży nadmiar objętości zaczynu cementowego i niewypłukanie go z nad łącznika * Za krótki czas początku wiązania zaczynu cementowego 	<ul style="list-style-type: none"> * Używanie sprawdzonych i dobrej jakości łączników gwintowych lub łączników bezgwintowych * Podwieszanie kolumny rur traconych przed zabiegiem cementowania 	<ul style="list-style-type: none"> * Konieczność wyciągnięcia kolumny rur traconych na powierzchnię * Obwiercanie kolumny rur traconych * Odchylanie otworu ponad przechwyconą kolumną rur traconych
Defekty rur płczkowych	<ul style="list-style-type: none"> * Wady ukryte rur płczkowych * Zbyt wysokie prędkości zapuszczania oraz hamowania kolumny rur traconych 	<ul style="list-style-type: none"> * Używanie sprawdzonego i dobrej jakości przewodu wiertniczego * Symulacja dopuszczalnych prędkości zapuszczania kolumny rur traconych 	<ul style="list-style-type: none"> * Prace instrumentacyjne (rozkrecanie lub ucinanie rur płczkowych) * Likwidacja otworu

Rodzaj awarii lub komplikacji	Przyczyny powstania awarii lub komplikacji	Zapobieganie	Następstwa
Przechwycenia kolumny rur traconych	<ul style="list-style-type: none"> * Występowanie w profilu otworu skał niestabilnych * Duża nadwyżka ciśnienia płuczki nad ciśnieniem złożowym * Gruby osad ilowy na ścianie otworu * Pozostawienie kolumny bez ruchu 	<ul style="list-style-type: none"> * Intensywne przerabianie i płukanie otworu * Regulowanie parametrów płuczki * Cykliczne płukanie otworu podczas zapuszczania kolumny rur traconych * Manewrowanie kolumną rur traconych w czasie ich zapuszczania 	<ul style="list-style-type: none"> * Prace instrumentacyjne * Stosowanie ratunkowego zestawu rurowego próbnika złoża * Obwiercanie kolumny rur traconych * Likwidacja otworu
Nieszczelne zacementowanie kolumny rur traconych	<ul style="list-style-type: none"> * Występowanie kawern * Niecentryczne rozmieszczenie kolumny rur traconych w otworze 	Obracanie kolumny rur traconych podczas zatłaczania zaczynu cementowego Stosowanie odpowiednich centralizatorów	Docementowywanie pod ciśnieniem
Niezamierzone zapięcie wieszaka kolumny rur traconych	<ul style="list-style-type: none"> * Występowanie zadziorów w poprzedniej kolumnie rur okładzinowych 	Sprawdzenie stanu technicznego poprzedniej kolumny rur	Konieczność wyciągnięcia kolumny rur traconych

celów technologicznych, wymagających jej użycia, jak płuczka wiertnicza, cementowanie odwiertów, nawadnianie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego. Ponadto woda używana jest jako czynnik chłodzący dla silników spalinowych i urządzeń w procesie eksploatacji złóż kopalin stałych i ciekłych. Chłodzenie odbywa się zarówno w obiegu otwartym, w którym wodę po pobraniu ciepła usuwa się na zewnątrz, jako bezużyteczną i zanieczyszczoną, a także w obiegu zamkniętym, w którym woda krąży w układzie oddając ciepło w chłodnicy. Inne źródła zużycia wody, tracone w znacznych ilościach to: urządzenia wiertnicze napędzane silnikami diesla przy obiegu chłodzenia otwartego, stacja sprężarek z zamkniętym obiegiem chłodzenia, warsztaty remontowe, warsztaty samochodowe, warsztaty w zespole kopalń.

Skutki zanieczyszczeń wywołane przez wydobywanie otworowe kopalin stałych są podobne do tych, które powodują górnictwo podziemne i odkrywkowe. Znacznie mniej górnictwo otworowe wpływa na zniekształcenie krajobrazu, gdyż nadkład zdejmowany jest z mniejszej powierzchni terenu i z reguły nie powstają zapadliska czy osuwiska.

Przy zachowaniu różnych dróg ochrony przyrody nie należy zapominać o zawsze występującym uszczerbku w środowisku spowodowanym działalnością człowieka.

A.M. Antropcew i in.
(VII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna; Kraków, 1996)

Rozdział 5

ZMIANY ANTROPOGENICZNE ŚRODOWISKA

Nie można oddzielić człowieka od otaczającego go środowiska. Wszystkie zasoby pochodzą od środowiska (biotycznego i abiotycznego) i ludzkość trwa dzięki wykorzystaniu tych zasobów. Sposoby oddziaływania na otoczenie ewoluowały wraz z człowiekiem oraz z ograniczeniami środowiska fizycznego tak w czasie, jak i w przestrzeni.

W obecnym interglacjale podstawową przyczyną zmian środowiska jest klimat i *Homo sapiens sapiens* – nowy element w skali ewolucji ziemskiego środowiska biotycznego. Zmienił on powierzchnię Ziemi tak dalece, że w wielu obszarach nie można już zidentyfikować naturalnych składników interglacjalnego środowiska. Narzędziami *Homo sapiens sapiens* służącymi do wprowadzania zmian środowiskowych są głównie rolnictwo i przemysł – oba zmieniające się pod wpływem nauki i techniki oraz potrzeb *Homo*.

Innowacje technologiczne wywołują dodatnie sprzężenia zwrotne w relacjach Ziemia–Atmosfera i w ten sposób powodują zmiany środowiska. Tak różnorodne instrumenty zmian, jakie wytworzone zostały w historii Ziemi są przyczyną, z której skutkami będziemy się mierzyć jeszcze długo w przyszłości. Narzędzia te kontrolowane są przez zasoby energii, warunki ekonomiczne i polityczne świata.

Przepływ energii kontroluje funkcjonowanie wszystkich procesów zachodzących na powierzchni Ziemi i w atmosferze. Kontroluje także działalność człowieka.

Wydobywanie surowców mineralnych zmieniło krajobraz i doprowadziło do zanieczyszczenia wód drenujących. Skutki pozyskiwania surowców mineralnych mają raczej charakter lokalny w porównaniu z globalnymi skutkami spalania paliw kopalnych. Spalanie paliw kopalnych (związane z uprzemysłowieniem) i spalanie biomasy (związane z wylesieniem, w celu zapewnienia ziemi na potrzeby rolnictwa, a drewna dla budownictwa i innych technologii) są głównymi przyczynami zwiększonej zawartości gazów szklarniowych. Zakwaszenie gleby jest konsekwencją spalania paliw kopalnych. Kwaśne opady są przyczyną sztucznej eutrofizacji, zasolenia wód i gleb. Intensywna erozja gleb jest skutkiem intensywnego uprzemysłowienia i rozwoju rolnictwa. Najpoważniejszymi konsekwencjami upowszechniania rolnictwa w krajach rozwijających się są wylesianie, pustynnienie, zasolenie i erozja gleby. Są to reakcje środowiska naturalnego wywołane czynnikami kulturowymi. Miejsko-przemysłowe systemy wykorzystywania paliw kopalnych wytwarzają nie tylko zanieczyszczenia, ale też olbrzymie ilości rozmaitych odpadów. Pozbywanie

się i unieszkodliwianie tych odpadów przyczynia się do kolejnych zmian środowiska naturalnego.

Minione 2÷3 mln lat dały Ziemi naturalne oscylacje okresów zimnych i ciepłych. Biorąc pod uwagę sztucznie wywołane zmiany, które dotknęły glebę, środowisko biotyczne, wody oraz powietrze, naukowcy stawiają pytanie: *Czy Ziemia osiągnęła krytyczny próg zmian ekologicznych, czy jest na tyle silna, aby nie reagować na zaburzenia przepływu energii i biogeochemicznego obiegu materii?*

Zaburzenia biosfery, wywołane działalnością człowieka, można zgrupować w następujących pięciu punktach

1. Niszczenie ozonosfery (osłony antyradiacyjnej).
2. Wyzwalanie zwiększonych ilości energii do biosfery.
3. Wytwarzanie substancji szkodliwych, skażających atmosferę, wodę i glebę.
4. Nadmierna eksploatacja złóż wytworzonych w odległych epokach geologicznych.
5. Niszczenie potencjału biotycznego przez niszczenie biocenoz.

Na elementy te składa się wieloczynnikowe technogeniczne obciążenie środowiska przyrodniczego: odwodnienie kopalń, budowa i eksploatacja osadników gromadzących wody kopalniane, zrzuty wód kopalnianych, osiadanie terenu, składowanie odpadów i tworzenie ich hałd, rekultywacja terenu, eksploatacja zbiorników wodnych na cele bytowo-gospodarcze, budowa i rozwój miejskich aglomeracji przemysłowych, działalność rolnicza i turystyka.

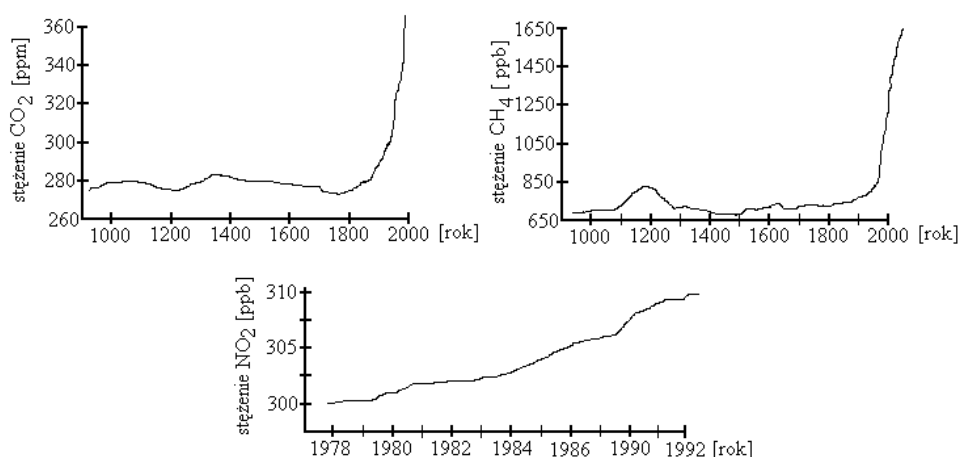
5.1. Obieg węgla w biosferze

Zrozumienie procesów obiegu węgla i roli biomasy, oceanu oraz cykli biogeochemicznych w przeszłości jest istotne w celu skonstruowania i przetestowania modeli zdolnych przewidywać przyszłe zmiany klimatu i ich konsekwencje.

Badania polarnych rdzeni lodowych oraz śniegu antarktycznego na przestrzeni ostatnich 100 lat pomogły w rekonstrukcji zawartości CO₂ i CH₄ w atmosferze w minionych 300 latach istnienia Ziemi. Rekonstrukcję tę ilustrują wykresy zmian stężenia CO₂ i CH₄ i NO_x w atmosferze – Schemat 22.

Wykresy wyraźnie wskazują na wzrost tych związków od okresu przedprzemysłowego do czasów nam współczesnych. W latach pomiędzy 1 000÷1 800 rokiem stężenie CO₂ wynosiło około 280 ppm, a w roku około 1900 następuje wzrost dochodzący do około 360 ppm w 2000 roku. Oprócz węgla do atmosfery dostają się chlorofluorowęglowodory (CFC), zwane też freonami i ich substytuty hydrofluorowęglowodory (HCFC) i perfluorowęglowodory – stosowane obecnie zamiast CFC. Migruje także ozon i para wodna. Freony (CFC) występują w atmosferze w niewielkich ilościach, jednak ich czas życia jest stosunkowo długi. Skutkiem tego ich wpływ może utrzymać się przez wiele lat po ustaniu emisji. Podobnie rzecz ma się z metanem i tlenkiem azotu.

Gazy wywołujące efekt cieplarniany ilustruje Tabela 13, natomiast zmiany emisji dwutlenku siarki i tlenku azotu – Tabela 14.



Schemat 22. Zmiany stężenia dwutlenku węgla, metanu i tlenku azotu w atmosferze (Mannion, 2001; za Houghton i in., 1995)

Tabela 13. Gazy szklarniowe i ich cechy charakterystyczne (Mannion, 2001)

Wybrane cechy gazów szklarniowych	Dwutlenek węgla (CO ₂)	Metan (CH ₄)	Tlenek azotu (N ₂ O)	Chlorofluorowęglowodory (CFC)	Ozon troposferyczny (O ₃)	Para wodna (H ₂ O)
Rola w efekcie szklarniowym	wzrost temperatury	wzrost temperatury	wzrost temperatury	wzrost temperatury	wzrost temperatury	wzrost temperatury
Źródła naturalne	równowaga w przyrodzie	bagna	gleby, lasy tropikalne	brak	węglowodory	ewapotranspiracja
Źródła antropogeniczne	paliwa kopalne, wylesienie	uprawa ryżu, hodowla bydła, paliwa kopalne, spalanie biomasy	nawozy sztuczne, zmiana użytkowania ziemi	chłodnie, rozpylacze aerozoli, procesy przemysłowe	węglowodory (z NO _x), spalanie biomasy	zmiana użytkowania ziemi, irygacja
Czas życia w atmosferze	50 ÷ 200 lat	10 lat	50 lat	60 ÷ 110 lat	tygodnie do miesięcy	dni
Stężenie w epoce przedprzemysłowej (1750÷1800) przy powierzchni (ppbv)	280 000	790	288	0	10	nieznane
Obecne stężenie w atmosferze (ppbv)	360 000	1720	310	CFC-11 ≈ 0,28 CFC-12 ≈ 0,48	20 ÷ 40 (półkula północna)	3 000 ÷ 6 000 w stratosferze
Aktualny przyrost rocznie	0,5%	0,9%	0,3%	4%	0,5 ÷ 2,0%	nieznany
Potencjał globalnego ocieplenia (GWP)	1	11	270	3 400 ÷ 7 100	-	-
Udział w antropogenicznym efekcie szklarniowym	60%	15%	5%	12%	8%	nieznany

Tabela 14. Zmiany emisji dwutlenku siarki i tlenków azotu w wybranych krajach świata w okresie 1980–1993 (Mannion, 2001 na podstawie danych Programu Środowiska Narodów Zjednoczonych (1993) i Instytutu Zasobów Światowych (1996); kreski oznaczają brak danych)

Dwutlenek siarki			
Kanada	4 643	3 326	3 030
Stany Zjednoczone	23 780	21 060	20 622
Polska	4 100	3 210	2 725
Rosja	12 123	10 166	–
Wielka Brytania	4 903	3 754	3 188
Chiny	13 370	19 990	–
Japonia	1 263	876	–
Indie	2 010	3 070	–
Tlenki azotu			
Kanada	1 959	1 999	1 939
Stany Zjednoczone	21 469	21 373	21 001
Rosja	2 578	3 050	–
Wielka Brytania	2 395	2 731	2 347
Chiny	4 910	7 370	–
Japonia	1 622	1 476	–
Indie	1 670	2 560	–

Potencjał globalnego ocieplenia (GWP – *global warming potential*), czyli **zdolność poszczególnych gazów do wywoływania globalnego ocieplenia** jest niejednakowy. Odzwierciedla on zdolność pochłaniania energii przez cząsteczki poszczególnych gazów i efekt, jaki przynoszą one w dolnej atmosferze. Uwzględnia się przy tym czynnik czasu przebywania tych cząstek w atmosferze, w stosunku do efektu wywieranego przez CO₂ będącego tu gazem odniesienia.

Chociaż wiele uprzemysłowionych krajów redukuje emisję CO₂ do atmosfery przez zwiększenie efektywności energii, zmniejszenie energochłonności czy ilości spalanych paliw kopalnych jest prawdopodobne, że stężenie CO₂ nadal będzie rosnąć co najmniej przez następne 10 lat, ponieważ kraje słabo uprzemysłowione zwiększają zużycie paliw kopalnych.

Obecność węgla w atmosferze i jego ciągły przyrost jest także konsekwencją wylesiania, szczególnie w strefie okołorównikowej, które powoduje uwalnianie CO₂ zmagazynowanego w biomasie i w materii organicznej w glebie. Źródłem węgla są również cementownie, paliwa kopalne (węgiel, ropa naftowa, gaz ziemny). Produkcja cementu jest źródłem antropogenicznej emisji około 2% węgla.

Powstała emisja zmieniła prędkość przepływu pomiędzy atmosferą, oceanem i lądem w globalnym biogeochemicznym cyklu obiegu węgla. Węgiel odłożony w biomasie i paliwach kopalnych gwałtownie zostaje z nich uwalniany i wchodzi w skład atmosfery, z której proporcjonalnie napływa do innych zbiorników. Ocenia się, że 50% węgla pozostaje w atmosferze, pozostały węgiel pochłaniają światowe oceany i lasy a pozostałą część nieznaną zbiorniki. W atmosferze kumulują się także

około 50% węgla uwalnianego na skutek użytkowania ziemi, szczególnie w wyniku wylesiania.

Oceany pochłaniają węgiel jako CO_2 już od milionów lat i zbliżają się do stanu nasycenia. Węgiel przyczynił się w nich do powstania dużych ilości węglanów, wodorowęglanów i dwuwęglanów. Część węgla pochłaniana jest przez fitoplankton w procesie fotosyntezy i przenoszona przez łańcuch pokarmowy – również znika z aktywnej cyrkulacji. Materia organiczna po obumarciu organizmów wraca do oceanu, jako składnik pokarmowy, ale pewna jej część osiada na dnie, uwięziona w osadach dennych oceanicznych, morskich, wód rzecznych i jeziornych – co wyłącza ją z aktywnej cyrkulacji na tysiące lat. Proces ten nazywany jest **pompą biologiczną**, ponieważ redukuje ilość węgla w wodach powierzchniowych, przez co pobudza przepływ węgla z atmosfery. Skutkiem tego około $1,5 \div 2,54$ Gt węgla antropogenicznego – powstałego w wyniku działalności człowieka – zostaje zakumulowana w oceanach w postaci CO_2 .

Zwiększenie stężenia CO_2 w atmosferze działa jak nawóz na biosferę Ziemi, zwiększając jej produktywność. Lasy w wysokich szerokościach geograficznych mogą stanowić brakujący zbiornik, o czym świadczyć może zwiększony przyrost drzew subalpejskich. Powszechnie uważa się, że niektóre lasy mogą być bardziej produktywne w warunkach stężonego CO_2 . Ale zarówno ograniczona ilość wody, jak i azotu, może zredukować produktywność nawet przy podwojonym stężeniu CO_2 .

Gwałtowny przyrost CH_4 w atmosferze jest skutkiem wydobycia i wykorzystania gazu ziemnego, zwiększonej produkcji ryżu, odpadów zwierzęcych, palenia biomasy i fermentacji ciekłych odpadów pochodzenia rolniczego i procesów zachodzących na składowiskach odpadów komunalnych. Rocznie do atmosfery emituje się około 1% CH_4 , czyli około $5 \div 7$ Gt węgla, z czego około 50% pozostaje w atmosferze. Tereny podmokłe emitują rocznie około 3,75 Mt CH_4 . *Nie jest w pełni jeszcze jasne, gdzie jest magazynowana pozostała część, podobnie, jak nie wiadomo, gdzie pozostawał węgiel usunięty z atmosfery podczas epoki lodowcowej (Mannion, 2001).* Istnieje różnica poglądów i sprzeczne dowody w kwestii, gdzie był magazynowany węgiel usunięty z atmosfery w okresie epoki lodowcowej. Nie wiadomo również, czy mechanizm lub mechanizmy związane z tym magazynowaniem są natury fizycznej, chemicznej czy biologicznej lub może stanowią połączenie dwóch albo trzech typów.

Większość CH_4 usuwana jest z atmosfery głównie przez reakcje w troposferze z rodnikami wodorotlenowymi, ale różnica między wydajnością źródeł a pojemnością zbiorników, wynosi $7 \div 8\%$ i o tyle przyrasta rocznie stężenie CH_4 w atmosferze. Wzrost ilości w atmosferze gazów śladowych i spadek rodników wodorotlenowych w troposferze, może dodatkowo przyspieszyć stężenie CH_4 , ponieważ zmniejszy się zdolność atmosfery do jego utleniania.

5.2. Kwaśne depozycje

Spalanie paliw kopalnych i przemysł oprócz efektu szklarniowego są przyczyną zakwaszenia gleb Ziemi. Spalanie węgla, ropy naftowej jest znacznie bardziej

uciążliwe dla środowiska w odniesieniu do gazu ziemnego, z uwagi na niekorzystny stosunek ilości atomów węgla do atomów wodoru.

Termin **kwaśny deszcz** obejmuje zanieczyszczenie atmosfery, które rozpuszczone jest przez skraplającą się parę wodną. Stwarzają one inny, bardzo istotny, problem środowiskowy – **kwaśne osady**.

Podstawowymi gazami, które są ich skutkiem są tlenki siarki i tlenki azotu, szczególnie dwutlenek siarki (SO_2), dwutlenek azotu (NO_2) i tlenek azotu (NO) (te dwa ostatnie oznaczają się łącznie symbolem NO_x). Ogólnie uważa się, że 2/3 kwaśnych zanieczyszczeń powoduje emisję siarki, a pozostała jedna trzecia wiąże się z emisją azotu. Opad suchych siarczanów, azotanów i chlorków może wynieść aż 50% kwaśnych opadów.

Gazy te w atmosferze łączą się z rodnikami hydroksylowymi lub tlenem atomowym, tworząc kwasy, w reakcjach których katalizatorem jest promieniowanie słoneczne. Procesy te zachodzą w troposferze. Kwasy stają się składnikami kropeł chmur (ze względu na swoją higroskopijność) i powodują obniżenie pH wody chmurowej z 5,6 nawet do 2,6. Tak znaczne obniżenie pH przyczynia się do zniszczeń zbiorowisk roślinnych, zwłaszcza lasów rosnących na dużych wysokościach i bezpośrednio narażonych na kontakt z wodą chmurową. W końcu kwaśny opad może spaść na obszary leżące o setki kilometrów od źródła zanieczyszczeń w procesie, który nazywa się *bezpośrednią konsekwencją samooczyszczającej natury atmosfery* (Mohnen, 1998). Jest to proces **depozycji mokrej**. Alternatywnie może zachodzić proces **depozycji suchej** – gdy tlenki siarki i azotu osadzają się w postaci gazów, aerozoli lub suchych cząstek zwykle blisko źródła emisji. Miejsce opadu kwaśnych osadów zależy od lokalizacji źródeł emisji i warunków meteorologicznych – szczególnie od kierunku wiatrów. Bezpośrednio narażone są obszary wysokich opadów i leżące na kwaśnym podłożu skalnym. Kwaśne podłoże skalne, o ubogiej warstwie gleby, posiada słabe właściwości buforujące.

Największymi antropogenicznymi źródłami emisji tlenków azotu do atmosfery są użytki rolne – szczególnie pastwiska strefy zwrotnikowej – powstałe na obszarach zajmowanych przez lasy. Część NO_x usuwana jest w procesie fotodysocjacji N_2O przez promieniowanie słoneczne w stratosferze.

Uwalnianie SO_2 i NO_x z węgla, ropy naftowej i gazu ziemnego zakłóca biogeochemiczny obieg siarki i azotu. Działalność człowieka nadmiernie przyspiesza przepływ tych substancji z litosfery do atmosfery i z powrotem, gdzie ich obecność oddziałuje na ekosystemy wodne i lądowe oraz systemy miejsko-przemysłowe.

Problem zakwaszenia jest powszechny, choć intensywność jego i czas powstania nie są jednakowe. W celu kontroli zakwaszenia sformułowano pojęcie **ładunku krytycznego**, czyli ilości kwasu, jaka może być zaabsorbowana przez ekosystem lub środowisko bez uruchomienia dodatkowego sprzężenia zwrotnego, czyli zmian środowiskowych lub ekologicznych. Ładunek krytyczny zależy od wielu zmiennych środowiskowych, z których istotny jest: rodzaj środowiska i jego zdolność buforowa. Warunkiem zachowania zrównoważonego rozwoju środowiska i działalności człowieka jest zasada, że **emisja pochodząca z danego obszaru lub osiągająca ten**

obszar powinna być niższa od powodującej zniszczenia. Jedną z metod szacowania ładunku krytycznego jest *model okrzemkowy*, w którym *wrażliwość okrzemka na zmiany pH wykorzystana jest jako wskaźnik ekologicznego progu krytycznego* (Battarbee, 1996).

Najbardziej dotkliwie ujawnia się zakwaszenie w jeziorach i wodach przepływających przez tereny, których gleby nie mogą zobojetnić lub zbuforować tej kwasowości. Zakwaszenie jezior powoduje wzrost stężenia jonów wodorowych, które uwalniają kationy sodu i aniony chloru z organizmów wodnych. Występują zakłócenia w biogeochemicznym obiegu fosforu i azotu. Zmiany te odbijają się niekorzystnie na metabolizmie roślin i zwierząt zmieniając struktury i funkcje wodnych ekosystemów. Ocenia się, że przy pH około 5,0 ginie ikra i narybek, co zakłóca łańcuch pokarmowy. Przy pH poniżej 5,0 giną dojrzałe organizmy wodne, szczególnie ryby. Ujawnia się toksyczne działanie metali ciężkich, które potęgują działanie kwasu (np. Al). Na przykład skażenie wód cynkiem i kadmem prowadzi do spadku bioróżnorodności i populacji bezkręgowców nawet do odległości 80 km od źródła skażenia.

Zmiany w środowiskach biotycznych wpływają na łańcuch pokarmowy i redukcją bioróżnorodność do środowisk tolerujących kwaśne środowisko. Niskie pH opóźnia kruszenie rumoszu organicznego, bowiem hamuje aktywność mikrobów, spowalnia krążenie pierwiastków w przyrodzie. Zakwaszenie wypłukuje z gleby metale śladowe, które kumulują się w wodach podziemnych, prowadząc do wzrostu ich mineralizacji. Kumulują się także w wodach powierzchniowych, hamując wzrost fitoplanktonu.

Kwaśne deszcze i osady zwiększają kwasowość gleby, zmniejszają zawartość składników pokarmowych i uwalniają metale ciężkie. Jony wapnia, sodu i magnezu mogą być wypłukane z systemu jako rozpuszczalne sole przez kumulowane jony wodorowe – co prowadzi do zmniejszenia ilości składników pokarmowych. Spadek pH powoduje wzrost aktywności grzybów przy spadku aktywności mikrobów. Zmniejszona populacja mikrobów (np. dżdżownic) zmniejsza stopień spulchnienia gleby i jej napowietrzenie – a to z kolei prowadzi do jej zubożenia.

Wzrost kwasowości i ocieplenia klimatu współdziałają ze sobą. Powodują spadek rozpuszczonego w atmosferze węgla organicznego (OWO), który absorbuje promieniowanie słoneczne, a jego zanik zwiększa dopływ promieniowania, łącznie ze szkodliwym nadfioletem B (UV-B), do większych głębokości. Wzrost temperatury może wpływać na wzrost mineralizacji azotu i utleniania związków organicznych, również tych zawierających siarkę. Kwasy te mogą uaktywnić aluminium.

Spadek sum opadów, spowodowany wzrostem temperatury, wpływa na obniżenie poziomu wody w zbiornikach naturalnych wód stojących. Obniżenie poziomu wody ogranicza rozwój populacji organizmów głębokowodnych żyjących w niskich amplitudach rocznych temperatur.

Z kwaśną depozycją wiąże się międzynarodowy przepływ zanieczyszczeń, które niszczą roślinność niską i wysoką oraz budowle betonowe i kamienne. Przebarwienia i rozpuszczanie warstwy powierzchniowej budowli, rozwarstwienie, tworzenie gipsu, wykwit solny są w dużych miastach powszechne.

Kwaśne deszcze mają wpływ na zdrowie ludzi – ich system oddechowy i naczynia krwionośne. Jakość powietrza w miastach pogarsza się, a u osób szczególnie wrażliwych pojawiają się problemy zdrowotne: stany zapalne płuc, bronchit, astma, rezędyma, zwłóknienie płuc oraz towarzyszący im zespół chorób sercowo-naczyniowych spowodowany niedostatkim tlenu we krwi, czy powszechne i jakże różnorodne alergie.

5.8. Zapylenie atmosfery

Największym źródłem zapylenia powietrza atmosferycznego jest przemysł, szczególnie elektroenergetyka, górnictwo węgla i rud metali, koksownictwo, hutnictwo metali i szkła, przemysł szklarski, nawozów sztucznych, farmaceutyczny, garbarski, rafinerie ropy naftowej, działalność komunalna, środki transportu i wiele innych. Wysoka emisja pyłów wynika przede wszystkim z przestarzałych technologii oraz znacznego zużycia środków produkcji w przemyśle. Niektóre gałęzie i zakłady przemysłu w Polsce mają ponad 100 lat, w wielu modernizacja procesów technologicznych wymaga wysokich nakładów finansowych (niejednokrotnie nieopłacalnych).

Jednym z poważniejszych czynników zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego jest przemysł paliwowo-energetyczny. W wyniku spalania paliw kopalnych, takich jak węgiel kamienny, węgiel brunatny, ropa naftowa, gaz ziemny, emituje on do atmosfery tlenki siarki SO_x (SO_2 , SO_3), tlenek węgla (CO) i dwutlenek węgla (CO_2), tlenki azotu NO_x (NO, NO_2), węglowodory (HC) i ich pochodne (szczególnie węglowodory aromatyczne (WWA) oraz związki fluoru i chloru) oraz pierwiastki śladowe, pyły popiołowe, nie spalone cząstki paliwa, sadzę. Emisja spowodowana spalaniem paliw stanowi w skali światowej 60% całkowitej emisji dwutlenku siarki, około 20% emisji tlenków azotu, około 40 ÷ 60% emisji pyłów, w tym pyłów metali ciężkich; około 33% emisji całkowitej dwutlenku węgla. Pozostałą część emisji zanieczyszczeń dopełniają inne gałęzie gospodarki (Zięba, Staško, Dudla, 2001).

Poważnym źródłem zapylenia powietrza są czynne i niezrekułtywowane hałdy kopalniane oraz wysypiska odpadów przemysłowych i komunalnych. Największą rolę odgrywają tu zwaly odpadów górniczych, a to ze względu na znaczną powierzchnię jaką zajmują (setki ha), niewielki stopień rekułtywacji tych form oraz niejednokrotnie specyficzne położenie względem zabudowy mieszkaniowej. Skład petrograficzny hałd charakteryzują skały, które wietrzejąc dostarczają drobny materiał wynoszony przez wiatr lub wodę. Osadzany jest on na powierzchni gleby, w rejonach cieków wodnych i na ich powierzchniach czy w rejonach zabudowy mieszkaniowej.

Specyficznym źródłem zapylenia są osadniki kopalniane. W trakcie wybierania osadów z misy stawu, jak również podczas suchej i wietrznej pogody, dochodzi często do wywiewania drobin pyłów i osadzania ich. Brak właściwego zrekułtywowania większości form powoduje zanieczyszczenie pyłem i popiołem.

Ważnym źródłem zapylenia powietrza jest także działalność komunalna oraz bytowa. Paleniska domowe opalane są zazwyczaj węglem kamiennym dającym pod-

czas spalania duże ilości pyłu. Ocenia się, że około 20 do 30% wszystkich pyłowych zanieczyszczeń powietrza w miastach pochodzi z tzw. niskiej emisji, a więc głównie ze źródeł komunalnych i ogrzewania piecowego.

Pył opadający na powierzchnię litosfery zawiera m.in. bardzo niebezpieczne dla ludzi pierwiastki ciężkie. Bardziej niebezpieczny dla zdrowia od pyłu grubego jest pył zawieszony (drobnodispersyjny). Drobinę tego typu unoszą się ciągle w powietrzu i są wdychane przez człowieka, osadzając się w oskrzelach i płucach. Podczas długotrwałego przebywania w środowisku, w którym stężenie pyłu drobnodispersyjnego przekracza dopuszczalną normę, dochodzi do chronicznych chorób układu oddechowego i pylicy płuc. Ponadto pył ten wpływa niekorzystnie na rośliny zatykając ich szparki oddechowe i hamując w ten sposób asymilację. Wskutek tego ograniczona jest zdolność pobierania przez rośliny CO₂ i wytwarzania tlenu, a więc oczyszczania powietrza atmosferycznego.

Pod wpływem określonej działalności człowieka na stan powietrza atmosferycznego wpływa także rzeźba i klimat określonego regionu. Zróżnicowana rzeźba terenu (góry, wzgórza) oraz złe warunki termiczne (częste inwersje) powodują, że znaczna część pyłów gromadzi się i zalega w obniżeniach terenu. Słabe przewietrzanie oraz częste zaleganie w nich zimnych mas powietrza sprzyja tworzeniu się smogu. Wówczas, nawet powietrze poza dnem obniżenia terenu nie jest wolne od pyłów, co wiąże się z zasięgiem warstwy inwersyjnej. Przemysł rozwinięty jest w obrębie miast, w których funkcjonują ciepłownie oraz liczne paleniska domowe. Uwalniają one do atmosfery znaczne ilości ciepła, pod wpływem którego powstaje specyficzna cyrkulacja bryzowa. Jej efektem jest napływ pyłów do centrum zabudowy, co dodatkowo wpływa na zapylenie powietrza w jej częściach.

Największe stężenia pyłu zawieszzonego i opad pyłu grubego obserwuje się w sezonach grzewczych – od października do kwietnia. Wiąże się to ze znacznie większym zużyciem węgla w elektrociepłowniach, uruchamianiem lokalnych kotłowni osiedlowych i palenisk domowych. Tendencja spadkowa w opadzie pyłu na powierzchnię Ziemi wiąże się ściśle z ograniczaniem produkcji przez zakłady emitujące pyły, likwidacją zapylenia przez wprowadzanie technik oczyszczania gazów wypuszczanych do atmosfery oraz likwidacją przestarzałych zakładów (koksowni, hut).

5.9. Źródła emisji węglowodorów

Źródłami emisji węglowodorów są miejsca występowania wielu emitorów wynikające z powiązań technologicznych lub lokalizacyjno-funkcjonalnych kopalń ropy naftowej i gazu ziemnego oraz połączonego z nimi całego systemu magazynowo-transportowego.

Pierwszym technologicznym ogniwem, a zarazem źródłem emisji węglowodorów są odwierty poszukiwawcze ropy naftowej i gazu ziemnego, wszelkie prace związane z dowiercaniem i udokumentowaniem złóż. Są one przyczyną niekontrolowanego wypływu lub erupcji mediów na powierzchnię ziemi wskutek naruszenia górotworu, co prowadzi do zmiany ciśnień w skałach zbiornikowych.

Udostępnianie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego to drugie ogniwo technologiczne. Związane jest z budową kopalni ropy naftowej lub gazu ziemnego, eksploatujących kilkanaście lub kilkadziesiąt odwiertów (ropy lub gazu). Obejmują one wyposażenie techniczne i technologiczne w formie:

- budowli kopalnianych, takich jak: tłocznie wodne z napędem elektrycznym i spalinowym, spawalnie, magazyny paliw i smarów, budynki agregatu prądowłórczego, magazyny cementu i rdzeni, budynki kotłowni i administracyjne;
- prowadzenia gospodarki ropą na kopalni, która obejmuje zespół urządzeń do: oczyszczania ropy (odwadnianie ropy, demulgowanie ropy, czyli rozbijanie emulsji ropnych przy użyciu środków chemicznych, w połączeniu z ogrzewaniem i odstawaniem); stabilizacji ropy (mającej na celu pozbawienie ropy jej najlotniejszych składników, które w czasie transportu i magazynowania wyparowują z produktu) pozwalającej jednocześnie na obniżenie w ropie siarkowej zawartości siarki do 0,0008%; magazynowania ropy, które obejmują wieże destylacyjne, zbiorniki, separatory, przetłocznie i wiele urządzeń towarzyszących.

Kolejne ogniwo to:

- połączenie kopalni ropy naftowej z wieżą destylacyjną i towarzyszącymi jej zbiornikami przy użyciu rurociągów, a także transport ropy obejmujący takie elementy składowe, jak: pompy do transportu ropy naftowej, benzyn, olejów i innych produktów ropopochodnych, rurociągi, cysterny kolejowe i samochodowe, tankowce, zbiornikowce itp.
- połączenie kopalni gazu ziemnego z urządzeniami do określonej technologii usunięcia cięższych węglowodorów (od metanu) z gazu ziemnego (w zależności od przeznaczenia gazu) i składników niewęglowodorowych (azotu, siarki, dwutlenku węgla, pary wodnej), a także zespół urządzeń niezbędnych do transportu: gazociągi magistralne (dalekosiężne) transportujące gaz ziemny do odbiorców (krajowych i zagranicznych) z odpowiednią aparaturą manipulacyjną: stacje rozdzielcze, stacje redukcyjne (do redukcji ciśnienia gazu) i punkty nawaniania (odoryzacji) gazu (na stykach gazociągów magistralnych z siecią gazociągów rozprowadzających).

Powiązania lokalizacyjno-funkcjonalne obejmują stacje benzynowe i gazowe, przy czym im większa jest stacja, tym więcej jest dystrybutorów i zbiorników na paliwa. Ważna jest również wielkość bazy zbiornikowej paliw płynnych, w której oprócz zbiorników magazynowych prowadzi się za- i rozładunek cystern, a rurociągi, armatura i pompy są dodatkowym źródłem emisji węglowodorów (Wagner-Staszewska, 1996).

System transportu gazu ziemnego wymaga zastosowania odpowiedniej techniki transportowej, obejmującej takie elementy składowe, jak (Molenda, 1996): rurociąg przesyłowy; stacja zasuw i urządzeń na trasie (odbieralników kondensatu, rurek drenażowych, punktów wtrysku inhibitorów tworzenia hydratów itp.); systemów zdalnego sterowania i telemetrii, włączających technikę komputerową; przejść przez

przeszkody wodne (kanały, rzeki, błota); przetłoczni (stacji sprężarek) na trasie; punktów tzw. katodowej ochrony przed korozją; stref bezpieczeństwa; stacji rozdzielczych, redukcyjnych i punktów odoryzacji (na stykach gazociągu magistralnego z siecią gazociągów rozprowadzających); budowa i eksploatacja podziemnych magazynów gazu.

Wszystkie te źródła emitują węglowodory do atmosfery, a w formie gwałtownych erupcji, wycieków i migracji zanieczyszczają glebę i wody, w stopniu zależnym m.in. od składu chemicznego ropy naftowej czy gazu, stanu technicznego urządzeń, rozkładu czasowo-przestrzennego dystrybucji ropy naftowej i jej pochodnych oraz gazu ziemnego. Skutkiem tego typu awarii jest poważne zagrożenie środowiska, prowadzące do niszczenia i zamierania szaty roślinnej pokrytej ropą i produktami ropopochodnymi, to zamieranie systemu korzeniowego roślin na obszarach o dużej zawartości gazu w glebie, to niebezpieczeństwo niekontrolowanych pożarów, termicznej degradacji znacznych połaci szaty roślinnej i składników ropy i gazu, to również skażenie wód powierzchniowych i zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego.

Podziemne magazyny gazu

Dobowe nierównomierności zapotrzebowania na gaz ziemny, kompensowane gazem znajdującym się w systemach przesyłowych (gazociągach), wymagają budowy podziemnych magazynów gazu (PMG). Pokrywają one niedobory w poborze gazu ziemnego w okresach nierównomierności sezonowych (wiosna–lato i jesień–zima), zabezpieczają przed niepewnością dostaw gazu z importu, pokrywają krótkotrwale deficyty gazu w razie awarii systemów gazociągów przesyłowych, zwiększają ogólny poziom zagospodarowania gazu ziemnego.

Podziemne magazyny gazu lokalizowane są w złożach gazu ziemnego o znacznym szcerpaniu zasobów, w poziomych strukturach zawodnionego górotworu, w komorach (kawernach) wylugowanych w wysadach lub pokładach soli kamiennej, a także w warstwach o małym kącie upadu, sztucznych hydrodynamicznych, litologicznych pułapkach i pustkach skalnych oraz w wyeksploatowanych wyrobiskach górniczych.

Bez względu na formę budowy podziemnego magazynu gazu wszystkie PMG powinny odpowiadać następującym kryteriom:

- odpowiednia budowa przestrzenna zbiornika naturalnego o możliwie niewielkich nieciągłych zaburzeniach tektonicznych;
- obecność skał zbiornikowych mających cechy zapewniające wysoką i stabilną w czasie wydajność odwiertów;
- korzystne warunki hydrogeologiczne;
- stosowna głębokość zalegania;
- wysoka szczelność zbiorników zarówno w strefach wyrobisk udostępniających, jak również w strefach dyslokacji.

Szczelność geologicznej struktury zbiornika gazu jest najbardziej istotnym zagadnieniem, a warunkują ją parametry zbiornika podziemnego, którymi są: całko-

wita pojemność, pojemność robocza, wielkość poduszki gazowej, maksymalne i minimalne ciśnienie robocze, natężenie poboru gazu oraz hermetyczność konstrukcji otworów wiertniczych i urządzeń napowierzchniowych.

Tabela 15 przedstawia wybrane dane charakteryzujące PMG w niektórych krajach. Ogólna pojemność czynna PMG w krajach Unii Europejskiej wynosiła w roku 1995 około 35 mld m³, co stanowiło około 13% rocznego zapotrzebowania krajów Unii na gaz ziemny (Molenda, 1996).

Naturalny transport (ekshalacja) gazu ze złóż wiąże się z określoną sytuacją geologiczną wynikającą z układu warstw i zakresu deformacji tektonicznych. Następuje w wyniku superpozycji zjawisk: dyfuzji molekularnej, rozpuszczania w wodach podziemnych, migracji fazy gazowej w wyniku gradientu ciśnienia i różnic gęstości oraz procesów dyspersyjnych, migracji małych pęcherzyków gazu w kierunku powierzchni. Wyływy gazu zachodzą powoli, w zależności od grubości i przepuszczalności poziomów górotworu, nawet przez bardzo szczelne poziomy izolacyjne. Ze znacznym tempem ekshalacja gazu zachodzi w przypadku obecności szczelin, kawern, uskoków itp. Występujące przy tym niejednorodności makro- i mikrośrodka porowatego powodują, że kierunki i zasięg migracji gazu są trudno-, a nawet nieprzewidywalne.

Migracja antropogeniczna gazu, będąca skutkiem działalności górniczej człowieka i związany z tym zjawiskiem niekorzystny wpływ PMG na środowisko naturalne wiąże się z występowaniem awarii hermetyczności:

- **Zbiornika podziemnego**, przy czym wystąpić mogą takie zjawiska, jak: intensywne migracje gazu przez obszary szczelin, nieciągłości w postaci uskoków lub rozluźnień czy przez warstwy nadkładu wskutek:
 - braku stabilności przepływu w formie języków gazowych, w okresie zatłaczania, rozszerzających się w głąb wód okalających i odcinanych od części PMG zajętej przez gaz w okresie przejścia do wydobycia gazu,
 - czy przy eksploatacji w formie języków i stożków wodnych przy wydobyciu gazu z PMG.

Inne zjawiska to: penetracja gazu w warstwy o bardzo małej przepuszczalności lub do zamkniętych przestrzeni porowych (gaz ten nie może być odzyskany w stosunkowo krótko trwających cyklach eksploatacyjnych PMG); adsorpcja gazu na powierzchniach szkieletu lub matrycy skalnych i jego rozpuszczanie się w solankach obecnych w PMG; migracja gazu w dolne części struktury magazynowej; w dłuższych okresach przerw w zatłaczaniu gazu następuje obniżenie ciśnienia w PMG spowodowane rozszerzaniem się objętości magazynowanego gazu i dążeniem do osiągnięcia stanu równowagi ciśnień w złożu.

- **Otworów wiertniczych** i ich **głowic** z powodu nieszczelnych połączeń rowowych, korozji i pęknięcia orurowania i wyposażenia, wadliwej cementacji czy w wyniku erupcji gazowych.
- **Urządzeń infrastruktury naziemnej** utrzymujących pracę magazynu w równowadze z otoczeniem skał górotworu i środowiska powierzchniowe-

go. Obejmują one takie elementy układu PMG, jak: stacje kompresorów, separatory odwiertowe i grupowe, podgrzewacze gazu, dehydratory, systemy iniekcji metanolu (lub innych środków osuszających), kompresory, systemy pomiarowe i regulacyjne ciśnień i strumieni gazu, konfigurację gazociągów zbiorczych i łączących oraz systemy utylizacji i zagospodarowania solanek wydobywanych wraz z gazem.

Skutkiem awarii jest ekshalacja gazu na zewnątrz, co przejawia się jego pojawieniem w glebie, wzrostem ciśnienia w przestrzeni pierścieniowej lub obydwoma wymienionymi zjawiskami równocześnie. Na obecnym etapie nauki nie opracowano jeszcze technologii eliminującej wymienione zjawiska zachowania się gazu (Siemek, Nagy, Rybicki, Stopa, 1995; Stopa, Rychlicki, Wojnarowski, 2001).

Zakończenie eksploatacji złoża ropy naftowej i gazu ziemnego, przy niecałkowitym szcerpaniu zasobów wydobywalnych, stanowią potencjalne źródła odbudowy tzw. ciśnienia złożowego, na przykład poprzez mechanizm złożowy typu wód napierających. W wyniku tego procesu, w niektórych starych (zamkniętych) odwiertach obserwuje się wypełnianie się ich ropą naftową, która przeciekając przez nieszczelne głowice eksploatacyjne rozlewa się po powierzchni. Natychmiastowa likwidacja zanieczyszczenia gleby i profilu wgłębnego w strefach odwiertów często nie jest

Tabela 15. Wybrane dane charakteryzujące PMG w niektórych krajach (Molenda, 1996)

KRAJ	Pojemność czynna PMG w 1995 r. (wraz ze zbiornikami LNG)				Maksymalne natężenie odbioru mln m ³ /d	Udział pojemności czynnej w rocznym zużyciu gazu ziemnego w %
	mln m ³ (liczba PMG)	w tym (%)				
		w warstwach zawodnionych, w szcerpanych złożach gazu (x), w dawnych kopalniach węgla	w kawernach solnych	jako LNG		
Austria	2 500	100	0	0	24	33
Belgia	530	88	0	12	10	5
Czechy	1 520	100	0	0	17	25
Dania	600	50	50	0	18	27
Niemcy (była RFN)	7 500* (29)	75	25	0	167	12
Polska (1995 r.)	655	100 (x)	0	0	6,4	6,5
Słowacja	1 705 (4)	100 (x)	0	0	24,85	43
Ukraina	31 000	100	0	0	300	31
Wielka Brytania	3 200	79	8	13	132	5,5
Włochy	11 200	100	0	0	196	23,8
ZSRR (były łącznie z Ukrainą)	87 500 (46)**	100	0 ÷ 1	0	560	13

* W byleju NRD: 1 750 mln m³ (maks. natężenie odbioru: 40 mln m³/d) plus 1 500 mln m³ w budowie (kawerny solne)

** W tym 32 w złożach szcerpanych i 13 w warstwach zawodnionych
LNG – skroplony gaz ziemny

możliwa, bowiem nadal istnieją źródła zanieczyszczenia ropą, jakimi są stare odwierty eksploatacyjne umożliwiające wydostawanie się ropy na powierzchnię, a także z powodu częstego braku znajomości wielkości obszaru zanieczyszczenia oraz stopnia skażenia wód podziemnych. Regulacja tych kwestii jest niezbędna w celu doboru optymalnej i najskuteczniejszej metody oczyszczenia skażonego terenu.

5.10. Hałas i wibracje

Hałas i wibracje są zanieczyszczeniami środowiska przyrodniczego o powszechności występowania i różnorodności źródeł. Jako fizyczne czynniki szkodliwe towarzyszą człowiekowi od wieków (np. historia trąb jerychońskich), ale nie były tak uciążliwe i powszechne jak w czasach współczesnych. Pogorszenie jakości środowiska przez te fizyczne czynniki prowadzi do utraty naturalnej wartości środowiska – ciszy. Jej utrata, bądź zmniejszenie jest przyczyną zmniejszenia wartości terenów rekreacyjnych lub leczniczych. Wprowadza także zmiany zachowań różnorodności biologicznej zwierzęcej przez wystąpienie u nich stanów lękowych, zmiany siedlisk, zmniejszenia liczebności populacji itp. Ponadto hałas i wibracje powodują ujemne skutki gospodarcze: szybkie zużywanie się środków produkcji i transportu; pogorszenie jakości i przydatności terenów i obiektów na nich posadowionych – zagrożonych nadmiernym ich oddziaływaniem; stany chorobowe u ludzi i straty ekonomiczne związane z kosztami leczenia; pogorszenie jakości (trwałości i niezawodności) przedmiotów i urządzeń; utrudnienie eksportu wyrobów nie spełniających wymogów światowych w ochronie przed hałasem i wibracjami. Innymi skutkami oddziaływania hałasu i wibracji są skutki społeczne: obniżenie sprawności i chęci działania oraz wydajności pracy; negatywny wpływ na możliwość komunikowania się; powstanie lokalnych napięć i sporów między społecznościami; zmniejszenie sprawności działania i zwiększenie ryzyka wypadkowości; wzrost liczby zachorowań na głuchotę zawodową i chorobę wibracyjną.

Najpowszechniej występującą uciążliwością akustyczną, obejmującą populację wszystkich ludzi, jest hałas komunikacyjny wywołany ruchem samochodów i innych pojazdów mechanicznych na ulicach i drogach publicznych. Innym źródłem hałasu są różnego rodzaju zakłady przemysłowe zarówno określane mianem „przemysłu ciężkiego”, jak i „lekkiego”. Te same źródła są przyczyną wibracji (drgań) w środowisku.

Wpływ hałasu na środowisko

Hałas definiowany jest jako: każdy dźwięk wywołujący niepożądane, nieprzyjemne, dokuczliwe wrażenia słuchowe przeszkadzające w wykonywaniu określonych czynności lub utrudniających wypoczynek, a także doprowadzający do uszkodzenia organizmu.

Uszkodzenie organizmu wiąże się z ujemnym oddziaływaniem hałasu nie tylko na narząd słuchu, ale i na elementy ustroju. Pod jego wpływem następuje skurcz drobnych naczyń tętniczych (krwionośnych). Skurczowi towarzyszy zmiana ciśnienia tętniczego krwi, prowadząca do niekorzystnego zmniejszenia amplitudy tętna

i ciśnienia krwi. Następują zmiany w normalnym funkcjonowaniu układu nerwowego, zmniejszenie wydajności psychicznej. Obniża się precyzja ruchów, wydłuża czas reakcji na otoczenie. Zostają upośledzone procesy trawienne żołądka – wskutek zmniejszenia wydalniczej funkcji ślinianek i błony śluzowej żołądka. Występują odruchowe (samoobronne) napięcia mięśni, bezsenność, bóle i zawroty głowy, brak łaknienia, zakłócenia wzroku (np. ograniczenie widzenia, upośledzenie w odróżnieniu barw). Hałas jest czynnikiem środowiska, który przyspiesza zmęczenie. Skutki zdrowotne, jakie wywołuje hałas nie są zauważalne od razu, dlatego upośledzenie prawidłowego reagowania człowieka na otoczenie stwarza **ryzyko wypadkowe**.

Hałas jest zjawiskiem fizycznym polegającym na powstawaniu fal akustycznych (dźwiękowych) rozchodzących się w powietrzu (prędkość rozchodzenia wynosi około 340 m/s). Ucho ludzkie odbiera falę akustyczną jako wrażenie dźwiękowe. Wrażenie to odpowiada określonemu natężeniu dźwięku, lub ciśnieniu akustycznemu – określanemu w dB – które fala powoduje w powietrzu. Wrażenie słuchowe odpowiada również określonej częstotliwości drgań, określanej w Hz. **Częstotliwości słyszalne** przez ucho ludzkie mieszczą się w przedziale od 16 Hz do 20 000 Hz, przy czym wrażliwość słuchu nie jest jednakowa, przy jednakowym poziomie ciśnienia akustycznego powodowanego bodźcem akustycznym.

Najmniejsza wartość natężenia dźwięku (lub ciśnienia akustycznego), które wywołuje wrażenie słuchowe nazywa się **progim słyszalności**. Dla tonu o częstotliwości 1000 Hz przyjęto progowe natężenie dźwięku wynoszące 10^{-10} $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, co odpowiada ciśnieniu akustycznemu $2 \cdot 10^{-4}$ mikrobara ($2 \cdot 10^{-4}$ μB). **Górna granica słyszalności**, przy której pojawia się uczucie bólu w uszach, określona jest przez natężenie dźwięku 10^2 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ i ciśnienie akustyczne wynoszące 10^2 μB .

Natężenie hałasu przyjęto określać w jednostkach zwanych decybelami (dB). Dźwięk ledwo słyszalny ma wartość 0 dB, zaś dźwięk na granicy bólu określa wartość 120 dB – przy 140 dB pęka błona bębenkowa w wyniku dużego ciśnienia akustycznego (natężenia dźwięku: $I = \mu\text{W}/\text{cm}^2$ lub W/m^2). Natężenie hałasu maleje w wyniku obniżenia fali ciśnienia akustycznego, gdy jego źródło oddala się od narządu słuchu.

Odpowiedź żywego organizmu na hałas określa się jako: **reakcję stresową na hałas**. Istotną rolę w reakcji organizmu pełni czynnik psychiczny, czyli stosunek organizmu do zjawisk, które są źródłem hałasu oraz stopień przygotowania organizmu na efekt hałasu. Nastawienie psychiczne decyduje o uciążliwości hałasu. Zaskoczenie systemu obronnego, spowodowane m.in. brakiem napięcia mięśni w układzie kostek słuchowych wchodzących w skład ucha środkowego powoduje reakcję stresową, zaś adaptacja psychiczna do spodziewanego hałasu zmniejsza jego uciążliwość.

W reakcji narządu słuchu na hałas wyróżnia się 3 stopnie: (1) **adaptacja** – jest to reakcja fizjologiczna stanowiąca odruch obronny. Występuje przejściowe obniżenie ostrości słuchu, które po 10 ÷ 16 h wraca do stanu pierwotnego; (2) **znużenie** – spowodowane jest zbyt długim i zbyt intensywnym hałasem, który doprowadza z czasem do długotrwałego (wielomiesięcznego) obniżenia ostrości słuchu. Jest to stadium chorobowe, czasami nie rokujące pełnego powrotu do stanu pierwotnego;

(3) **uraz akustyczny** – jest nieodwracalną zmianą chorobową ucha, spowodowaną hałasem.

Biologiczne działania hałasu – uszkodzające – zależą od jego częstotliwości. Największa wrażliwość narządu słuchu występuje przy dźwiękach o częstotliwości od 800 do 3 000 Hz (zakres częstotliwości swobodnego porozumiewania się słownego). Najbardziej uciążliwe dla człowieka są hałasy odczuwane jako piskliwe, syjące, przenikliwe dzwoniące – o tonach prostych i wysokiej częstotliwości.

W górnictwie źródłem hałasu są kolejne etapy udostępniania złóż za pomocą urządzeń technicznych, które oddziałują na środowisko naturalne. Źródłem hałasu są prace geofizyczne, emitujące hałas do środowiska okresowo, podczas wiercenia otworów wiertniczych. Okresowo emitują hałas do środowiska etapy prowadzenia prac strzałowych czy prace wibratorów. Zasadnicze prace wiertnicze emitują hałas z urządzeń wiertniczych, często o poziomie przekraczającym dopuszczalne normy. Także opróbowanie otworów wiertniczych (syfonowanie) sporadycznie, ale jest źródłem hałasu. Istotny dla zdrowia ludzi jest hałas wewnątrz hal maszynowych i kontenerów pochodzący od układu przekładni mechanicznych i napędzających generatory prądu zmiennego, które napędzają silniki prądu stałego głównych podzespołów. Źródłem hałasu jest stół wiertniczy, pompy płuczkowe, wyciąg, agregaty prądotwórcze. Zewnętrzne źródła hałasu stanowią sita wibracyjne, mieszalniki płuczki, wirówki itp.

Prace związane z wydobywaniem ropy naftowej czy gazu ziemnego emitują hałas o charakterze ciągłym lub okresowym. Jego źródłem są urządzenia do rekonstrukcji odwiertów, intensyfikacji wydobycia, sprężarki, silniki. Źródłami hałasu aerodynamicznego, wywołanego redukcją ciśnienia gazu i jego przepływami w gazociągach są głowice eksploatacyjne, uzbrojenie napowierzchniowe kopalń oraz tłocznie gazu i stacje gazowe.

W górnictwie odkrywkowym źródłem hałasu są prace odkrywkowe i eksploatacyjne, wymagające użycia wiertnic do wiercenia otworów strzałowych, odstrzały udostępniające skałę litą, różnego rodzaju koparki, przesiewacze, ładowarki, środki transportu, a także zakłady przerobcze wyposażone w taśmociągi, przesiewacze, rozdrabniacze itp. urządzenia.

W górnictwie podziemnym hałas w przeważającym zakresie zlokalizowany jest w kopalniach, udostępnianych wyrobiskach i pochodzi od urządzeń urabiających złoża lite (wiertnic, młotów spalinowych), robót strzałowych, sprzętu ładującego urobek na taśmociągi, czy urządzeń transportujących kopaliny użyteczne na powierzchnię ziemi.

Wymienione przykłady źródeł hałasu wewnętrznego i zewnętrznego, pochodzącego od różnego rodzaju urządzeń są także źródłem wibracji.

Wpływ wibracji na środowisko

Wibracja to drgania przenoszące się w podłożu gruntowym oraz w obiektach budowlanych lub maszynach przez ich konstrukcję. Wibracje powodują mechaniczne oddziaływanie na ludzi i środowisko. Oddziałują na narządy i tkanki organizmu

poprzez działanie: miejscowe (np. przez ręce) lub ogólne (gdy wibracja obejmuje cały ustrój). **Miejscowe drgania** (wibracje) pochodzą od zmechanizowanych urządzeń o napędzie elektrycznym, spalinowym i pneumatycznym. **Drgania ogólne** przenoszone są na całe ciało z wibrujących podłóg, siedzeń np. pojazdów.

Biologiczne działanie wibracji wyraża się jako: **bezpośrednie** działanie mechaniczne energii wibracji na tkanki oraz **pośrednie** poprzez układ nerwowy. Mechaniczne bezpośrednie działanie wibracji na organizm zależy od jej częstotliwości, amplitudy, prędkości i przyspieszenia oraz od specyficznych właściwości rezonansowych tkanek i narządów, na które bezpośrednio działa wibracja. Kiedy częstotliwość wibracji odpowiada częstotliwości własnych drgań danej tkanki i narządu może dochodzić do wzmożenia energii drgań. Tkankom dłoni, przedramion i ramion odpowiadają częstotliwości rezonansowe rzędu $8 \div 32$ Hz, jednak zmieniają się one w zależności od napięcia mięśni rąk. Częstotliwość rezonansowa drgań działających na kończyny górne zmniejsza się także w zależności od pozycji ciała i charakteru wykonywanych czynności.

Wibracje o niskich częstotliwościach doprowadzają do zmian w układzie kostno-stawowym, m.in. powstają odwapnienia kości i ogniska martwicze w tkance kostnej, narośla kostne oraz zniekształcenia powierzchni stawów (w zależności od kierunku przenoszenia drgań przez tkanki organizmu). Wibracje o dużych częstotliwościach wywołują zmiany w drobnych naczyniach tętniczych (np. w palcach dłoni wywołując ich blednięcie, bóle rąk, zaburzenia dotyku itp.). Kurcz drobnych naczyń krwionośnych doprowadza do niedokrwienia danej części ciała ludzkiego. Wibracje (miejscowa i ogólna) prowadzą do rozregulowania układu nerwowego, co może skutkować zaburzeniami równowagi, funkcji przewodu pokarmowego, układu hormonalnego, zmianą rytmu serca i ciśnienia krwi czy składu chemicznego płynów ustrojowych.

Ochrona przed hałasem i wibracjami

Ogólną podstawę prawną przed hałasem i drganiami (wibracjami) stanowi rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 września 1980 r. w sprawie ochrony środowiska przed hałasem i wibracjami (Dz.U. Nr 24, poz. 90). Paragraf 3 tego rozporządzenia mówi w ust 1: *Jednostki organizacyjne i osoby fizyczne, przygotowując, podejmując lub prowadząc działalność mogącą przyczynić się do powstawania hałasu uciążliwego dla środowiska, są obowiązane w pierwszej kolejności stosować rozwiązania techniczne i technologiczne oraz zasady prowadzenia działalności nie stwarzające uciążliwości dla otoczenia, a w razie niemożliwości uniknięcia w ten sposób hałasu – zastosować środki techniczne i organizacyjne ograniczające hałas do dopuszczalnego natężenia i przeciwdziałające jego przenikaniu do środowiska.* Natomiast ustęp 2 tego paragrafu zobowiązuje: *W razie potrzeby źródła hałasu należy izolować od otoczenia przez utworzenie odpowiedniej strefy ochronnej.*

Sposoby ochrony przed tymi uciążliwościami obejmują metody od najmniej skutecznych i kosztownych izolacji przez stworzenie stref ochronnych, aż do całego arsenału skutecznych form ochrony aktywnej. **Metody ochrony aktywnej**, poza

bezpośrednim oddziaływaniem zmierzającym do zmniejszenia natężenia hałasu lub wibracji w miejscach ich powstawania (u źródła), obejmują: rozwiązania funkcjonalno-przestrzenne zagospodarowania i zabudowy terenu; celowe kształtowanie funkcji i formy architektonicznej obiektów budowlanych wymagających ochrony; rozwiązania techniczno-budowlane (sposób fundamentowania, struktura przegród zewnętrznych). Tabela 16 ilustruje dopuszczalne natężenia hałasu w środowisku.

Ochrona przed hałasem polega na zapewnieniu jak najlepszego stanu akustycznego środowiska, w szczególności poprzez utrzymanie poziomu hałasu poniżej dopuszczalnego lub co najmniej na tym poziomie. Ewentualne zmniejszenie poziomu hałasu co najmniej do dopuszczalnego, gdy nie jest on dotrzymany. Konieczna jest przy tym współpraca producentów różnego rodzaju urządzeń i użytkowników tych urządzeń, polegająca na ciągłym poszukiwaniu możliwości skutecznego zmniejszenia poziomu hałasu emitowanego do środowiska naturalnego.

5.11. Wypoczynek. Rekreacja. Turystyka.

Wypoczynek, rekreacja i turystyka wpisane są w działalność człowieka, która obejmuje każde – dające przyjemność i relaks – spędzanie wolnego czasu. Te trzy elementy aktywności człowieka współczesnego należą do form wpływających na jego zdrowie, stan fizyczny i biopsychiczny. Często zdrowie odnosimy tylko do stanu fizycznego, wiążąc je ściśle z konkretną chorobą ustroju. A zdrowie człowieka to coś więcej niż stan choroby. Najprościej można ująć, że jest to stan powodujący przystosowanie organizmu do określonych warunków środowiska, czyli obszaru, w którym aktualnie stale przebywamy. Obszar ten określa się mianem „przestrzeni życiowej”. Wyodrębnia się więc przestrzeń życiową mieszkańców wsi, miasta, gminy, powiatu, regionu, kraju i całego globu. Kształt przestrzeni życiowej istotnie wpływa na sposób identyfikacji mieszkańców z otoczeniem, na poczucie wspólnoty, na ich kondycję psycho-fizyczną. Przestrzeń życiową odbieraną wizualnie określa się z kolei mianem krajobrazu otoczenia, a krajobraz związany z zespołem zabytkowym podlega ochronie. Krajobraz tworzą elementy środowiska naturalnego, które składają się na otaczającą przyrodę.

Krajobraz i jego element składowy – przyroda – są elementami środowiska, w których człowiek spędza czas; nie tylko pracy, ale i wypoczynku, rekreacji czy turystyki.

Wypoczynek, rekreacja i turystyka są aktywnymi formami spędzania wolnego czasu. Ale tenże wypoczynek, ta rekreacja i turystyka należą do jednych z form kulturowych naruszających środowisko naturalne człowieka zarówno fizyczne, biologiczne, jak i krajobrazowe – często prowadząc do degradacji środowiska naturalnego.

Szczególne zagrożenie płynie ze strony turystyki. Do elementów degradacji przez turystykę należą: zadyptywanie roślinności, które może prowadzić do intensywnej erozji gleby, zmiany tempa infiltracji wody, zmiany w ilości materii organicznej i jej bioróżnorodności, zmiany w miąższości ściółki, wilgotności gleby oraz bioróżnorodności pokrywy roślinnej. Obserwacje dowodzą, że dzikie obozowiska są

mniej zniszczone od oznakowanych, które prawie całkowicie są pozbawione roślinności – jednak dzikie obozowiska są bardziej zaśmiecone. Obozowanie, nawet przez jedną noc, powoduje zniszczenia we wszystkich typach roślinności danego terenu.

Reakcja roślinności na czynnik degradacyjny różni się zależnie od typu roślinności i od stopnia zdeptania. Szczególnie narażone są rośliny, które poddane są dodatkowo niekorzystnemu wpływowi naturalnych warunków klimatycznych, jakie panują w danej szerokości geograficznej. Warunki klimatyczne wyznaczają krytyczne pory roku dla roślin: zimę w wyższych szerokościach geograficznych lub suszę w strefie gorącej. Duński botanik Raunkier w 1905 roku podzielił rośliny na kategorie, które w kolejnych dziesięcioleciach zostały wzbogacone i rozbudowane, ale główne ich założenia pozostały bez zmian. Według tego podziału rośliny tworzą następujące podstawowe kategorie (Wiackowski, 1998):

- **Fanerofity:** rośliny jawnopączkowe, których pączki znajdują się co najmniej 50 cm nad powierzchnią gleby i nie korzystają zimą z osłony śniegu.
- **Epifity:** to rośliny osiedlające się na innych roślinach.

Tabela 16. Dopuszczalne natężenia hałasu w środowisku będące podstawą do określenia stref ochronnych lub technicznych środków jego ograniczenia do dopuszczalnego poziomu (Korzeniewski, 1999)

Rodzaj terenu	Równoważny ^{*)} poziom dźwięku		Maksymalny krótkotrwały poziom dźwięku
	od godz. 6:00 do 22:00	od godz. 22:00 do 6:00	
Obszary ochrony uzdrowiskowej Obszary chronionego krajobrazu Parki krajobrazowe Obszary o walorach wypoczynkowych i krajobrazowych objęte ochroną w trybie art. 41 ustawy o ochronie i kształtowaniu środowiska Obszary dzielnic i obiektów zabytkowych	40 dB (A)	30 dB (A)	65 dB (A)
Tereny otaczające sanatoria i szpitale Podmiejskie osiedla mieszkaniowe Podmiejskie tereny wypoczynkowe	45 dB (A)	35 dB (A)	70 dB (A)
Tereny zabudowy mieszkaniowej z niewielką liczbą sklepów i placówek usługowych, położone w pobliżu ulic o natężeniu ruchu do 1000 pojazdów na godzinę Tereny zamieszkania zbiorowego i opieki społecznej Tereny placówek naukowych, naukowo-badawczych i innych o podobnym charakterze Tereny zabudowy związanej ze stałym lub wielogodzinnym pobytem dzieci i młodzieży	50 dB (A)	40 dB (A)	75 dB (A)
Tereny zabudowy mieszkaniowej z niewielką liczbą sklepów i placówek usługowych, położone w pobliżu ulic o natężeniu ruchu do 2000 pojazdów na godzinę Parki w miastach, ogrody działkowe Tereny rekreacyjno-sportowe	55 dB (A)	45 dB (A)	80 dB (A)
Centralne części miast z zabudową mieszaną (mieszkaniową, handlową, usługową, biurową itp.) lub z ulicami o natężeniu ruchu ponad 2000 pojazdów na godzinę	60 dB (A)	50 dB (A)	85 dB (A)
*) Równoważny poziom dźwięku stanowi średnią wartość poziomu dźwięku w czasie obserwacji, obliczoną na podstawie wyników pomiarów w sposób określony w Polskich Normach			

- **Chamefity:** rośliny niskopączkowe, którym niski wzrost zapewnia ochronę śniegową zimą.
- **Hemikryptofity:** naziemnopączkowe rośliny, których pączki umieszczone blisko powierzchni gruntu są chronione przez żywe lub obumarłe liście.
- **Kryptofity:** rośliny skrytopączkowe, których pączki odnawiające są ukryte w ziemi (geofity) lub zanurzone w wodzie (hydrofity).
- **Terofity:** rośliny jednoroczne, przeżywające krytyczną porę roku w postaci nasion.

Geofity (rośliny przeżywające zimę, ponieważ ich pąki są ukryte w glebie) są najbardziej odporne na zdeptywanie, podczas gdy terofity (rośliny jednoroczne) i hemikryptofity (rośliny, które więdną pod koniec sezonu wegetacyjnego, ale ich pąki są przechowywane w ściółce i glebie do następnej wiosny) łatwo ulegają uszkodzeniu.

Ocenia się, że z innych walorów przyrody najbardziej podatne na zniszczenie są wydmy, po nich nadbrzeżne łąki, lasy z runem bogatym w rośliny zielone i wreszcie otwarte tereny trawiaste. Za najbardziej odporne przyjmuje się słone bagna.

Aktywna forma spędzania wolnego czasu jest przyczyną powstawania nieumyślnych, ale długotrwałych zniszczeń w wyniku pożarów, które są groźne zwłaszcza po długotrwałych okresach suszy. Szczególnie podatne na nie są torfowiska (nadmierzają trudne do ugaszenia), wrzosowiska, otwarte obszary trawiaste, lasy. Gleba jest częścią ekosystemu i dla większości organizmów glebowych stanowi środowisko ich życia. Dla roślin wyższych jest ona tylko częścią ekosystemu, ale większość mikroflory i mikrofauny zamieszkuje przypowierzchniowe, organiczne poziomy gleb. Gleba wraz z pokrywającą ją ściółką jest ojczyzną wielu gatunków zwierząt. Tutaj znajdują swoje schronienie, kryjówki i obfitość pożywienia w postaci traw i ich nasion. Ogień niszczy wierzchnią warstwę biomasy w gruncie i ściółkę, osłabia możliwości reprodukcyjne roślin przez niszczenie nasion, korzeni i bulw. Obszary zostają pozbawione organizmów zwierzęcych. Obszary trawiaste stanowią formację od stepu do lasu z przewagą traw. Stanowią one szczególną wartość dla gospodarki pasterskiej każdego kraju, która w wyniku pożaru ponosi wysokie straty ekonomiczne i gospodarcze. Giną lasy, a z nimi wiele cennych gatunków drzew. Obszary te wymagają wielu lat na odbudowę swych drzewostanów. Pożary są tym czynnikiem działalności człowieka, który niszczy każde środowisko roślinne i organizmy z nim związane.

Spaleniu ulega w pierwszej kolejności ściółka, ale produkty spalania, jak węgiel w postaci dwutlenku węgla i substancje mineralne koncentrują się na glebie w postaci popiołu. Wzrasta pH gleby, co nie pozostaje bez wpływu na odbudowę jej życia. Na podstawie badań ocenia się, że życie organizmów glebowych na terenach dotkniętych pożarem jeszcze po 10 latach nie jest ustabilizowane (Górny, 1975).

Naturalne środowisko przyrodnicze wykorzystywane jest przez człowieka i niszczone także przez sporty w formie turystyczno-rekreacyjnej. Negatywnie oddziałują na środowisko naturalne sporty uprawiane w nim bezpośrednio: narciarstwo, żeglarsstwo, wspinaczka, nurkowanie, wędkarstwo czy kąpieliska.

Turystyka, rekreacja i wypoczynek są jedną z form współczesnej aktywności społeczeństwa. Są także ważnym elementem życia społecznego, ekonomicznego, gospodarczego, kulturowego i psychologicznego danego kraju czy regionu. Na te formy działalności, pod kątem spędzania wolnego czasu, zwraca się w ostatnich latach szczególną uwagę, bowiem te trzy elementy pełnią w sferze planowania i zagospodarowania przestrzennego oraz w ochronie naturalnego krajobrazu dwie istotne funkcje. Funkcje te ujmuje się wspólnym określeniem **przestrzeni turystycznej**.

Przestrzeń turystyczna pełni następujące funkcje:

- **pozytywne**: oparte na poznaniu walorów turystyczno-rekreacyjno-wypoczynkowych, dostępie do miejscowości i regionów krajobrazowo-przyrodniczych i kulturowo interesujących, możliwości skorzystania z usług noclegowych i żywieniowych;
- **negatywne**: będące skutkiem funkcji pozytywnej, a związane z niezamierzoną dewastacją środowiska przyrodniczego.

Ponadto przestrzeń turystyczna, będąca częścią przestrzeni krajobrazu, składa się z dwóch podstawowych elementów (Kornak, Rapacz, 2001):

- **przestrzeni przyrodniczej**, czyli ekologicznej;
- **przestrzeni antropogenicznej**, czyli zagospodarowanej – w ujęciu fizycznym i społeczno-gospodarczym.

Odkrycia (zauważenie) zniszczeń, jakie pozostały po aktywnym spędzaniu czasu na łonie przyrody stały się podstawą ustalenia kierunków turystycznej, rekreacyjnej i wypoczynkowej polityki przestrzennej regionów każdego kraju, w odniesieniu do przestrzeni turystycznej. W przypadku Polski polityka przestrzenna dla aktywnej formy spędzania wolnego czasu powinna być odzwierciedlona w dokumencie strategicznym gmin, jakim jest „Strategia uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego”. Zapisy tekstowe i graficzne tej polityki powinny zawierać lokalizację ścieżek, położenie obozowisk i okresy korzystania z nich. Zabezpiecza to przyrodę przed wydeptywaniem nowych szlaków, zadeptywaniem środowiska przyrodniczego, co zawsze prowadzi do pogłębienia nowych powierzchni ziemi i zbierania się w tych punktach wody po opadach atmosferycznych. Tego typu zjawiska zachęcają do tworzenia nowych ścieżek i zadeptywania nowych zbiorowisk roślinnych.

Wypoczynek, rekreacja i turystyka, rozumiane jako planistyczna forma działalności gospodarczej człowieka, mają chronić te wartości krajobrazu i przyrody ożywionej, które są ważne także dla przyszłego rozwoju regionów. Ma regulować sposób użytkowania terenów, tak aby nie naruszany był interes osób trzecich, aby nie trzeba było niszczyć istniejących wartości kulturowych i walorów przyrodniczych. Tymi walorami są z pewnością drzewa, krzewy, tereny trawiaste, wydmy morskie, pagórki, wzgórza, góry, rzeki, jeziora, stawy itp. Te elementy przyrody ożywionej i nieożywionej są niewątpliwie filtrem przyczyniającym się do oczyszczania środowiska z zanieczyszczeń, a ich uszkodzenie i zamieranie jest równoznaczne ze zniszczeniem.

Turystyka, rekreacja i wypoczynek, czerpiąc z walorów przestrzeni turystycznej, odpowiedzialne są za jej stan i sposób wykorzystania. Charakter i natężenie funkcji turystyki i rekreacji powinny być tak określone aby:

- spełniały swoją funkcję wobec człowieka;
- nie powodowały dewaloryzacji lub zniszczenia walorów przyrodniczych, które są podstawą ich rozwoju.

Rozpatrując interakcje pomiędzy środowiskiem przyrodniczym a turystyką, należy brać pod uwagę wskaźniki określające granice korzystania z walorów środowiska przyrodniczego. Kornak i Rapacz (2001) ujmują je następująco:

- Oddziaływanie turystyki na przestrzeń przyrodniczą:
 - typy i wzory zachowań uczestników ruchu turystycznego, wyznaczone m.in. przez czynniki ujmowane, jako np. profile społeczny i psychologiczny konsumenta, jako potencjalnego turysty;
 - parametry techniczno-organizacyjne zagospodarowania turystycznego.
- Przestrzeń przyrodnicza, jako biorca oddziaływań ludzkich:
 - odporność elementów przyrody na oddziaływanie ruchu turystycznego, jego rozmiary i natężenie w czasie;
 - sprawność funkcjonowania mechanizmów przystosowawczych, umożliwiających dostosowanie się zarówno poszczególnych elementów tej przestrzeni, jak i jej systemów złożonych (geosystemów, ekosystemów itp.), czyli adaptapilność układu.

Parametry te mogą służyć do opisu interakcji zachodzących pomiędzy środowiskiem naturalnym a aktywną formą wypoczynku człowieka.

Aktywny wypoczynek czerpiąc z walorów przestrzeni turystycznej (walorów przyrodniczych, krajobrazowych, kulturowych), musi być odpowiedzialny za ich stan i sposób wykorzystania oraz gwarantować musi ład przestrzenny. Wynika to z założeń zrównoważonego rozwoju. Zrównoważony rozwój każdego kraju wymaga eliminowania zagrożeń i czynników degradujących środowisko Ziemi. Takie podejście stwarza podstawy nowego rozwoju miejscowości i regionów turystycznych (gmin, powiatów, województw, kraju) oraz tych obszarów, które wprowadzając odpowiednie narzędzia, tworzą ramy rozwoju tej formy aktywności ludzkiej w granicach swoich terenów. Nie ma bowiem obszarów brzydkich, nieciekawych – są tylko obszary zaniedbane i zdewastowane.

Mając na uwadze „przestrzeń turystyczną” **rozwój zrównoważony** należy rozumieć, jako postępowanie z uwzględnieniem tradycji ojców: dom plus ogród, wieś (lub miasto) plus ogród, region plus park. Cel jaki sobie należy wyznaczyć, to ziemski Raj, który przecież był na samym początku istnienia: *A zasadziwszy ogród w Eden (...) Pan Bóg umieścił tam człowieka (...). Na rozkaz Pana Boga wyrosły z gleby wszelkie drzewa mile z wyglądu i smaczny owoc rodzące oraz drzewo życia w środku tego ogrodu i drzewo poznania dobra i zła (...). Pan Bóg wziął zatem człowieka i umieścił go w ogrodzie Eden, aby uprawiał go i doglądał (...)* (Rdz 2, 8–15). Przekaz kulturowy wskazał człowiekowi, że samowola i bezmyślne sięganie oraz stanowienie o dobru i złu daje gorzką lekcję trudu i potu codziennej pracy. Sami więc musimy zadbać byśmy w sposób bezmyślny nie zniszczyli „drzewa życia”, które znajdują się w przestrzeni aktywnego spędzania wolnego czasu. A jest nim każda utracona

roślina, często i ta usuwana w tak zwanej „dobrej wierze”. Dlatego ustawodawca wprowadził przepisy o ochronie zieleni, drzew i krzewów. Zostały one ustawą z 27 lipca 2001 roku o wprowadzeniu ustawy prawo ochrony środowiska, ustawy o odpadach oraz o zmianie niektórych ustaw (Dz.U. nr 100, poz. 1085) przeniesione do ustawy z 16 października 1991 roku o ochronie przyrody (Dz.U. 2001, nr 99, poz. 1079), w której pojawił się nowy rozdział 5a „Ochrona walorów krajobrazowych, terenów zieleni, drzew i krzewów”. Rozdział ten obejmuje przepisy oznaczone jako art. 47a-ł. Prawidłowo ukształtowana przestrzeń istotnie wpływa na nasze zdrowie, choć uchodzi to zazwyczaj naszej uwadze.

Rozdział 6

MINISŁOWNICZEK

Aerosfera – obejmuje najniższą warstwę atmosfery – troposferę i niewielką część stratosfery – do wysokości około 22 km.

Absorpcja – wiązanie jonów na powierzchni nieorganicznej. Ma duże znaczenie dla wysoce naładowanych anionów, takich jak fosforanowe i jest odwracalna (desorpcja) w zależności od stężenia jonów i warunków środowiskowych.

Anion – ujemnie naładowany atom lub rodnik. Patrz: *Kation*.

Antropizacja – zmiany wywołane w środowisku w sposób zamierzony i niezamierzony.

Antropocentryzm – dominacja człowieka nad przyrodą. Wynika z przekonania, że człowiek jest jedynym gatunkiem myślącym i posiadającym kulturę, co daje człowiekowi prawo do całkowitego podporządkowywania przyrody jego celom, zmiany praw nią rządzących dla zaspokojenia jego potrzeb. Patrz: *Homeostaza antropogeniczna* i *Skrajny ekologizm*.

Antropogeniczny – będący skutkiem działalności człowieka.

Antropopresja – parcie człowieka na naturalne środowisko, „rozpychanie się” człowieka w przyrodzie.

Autotrof – organizm uzyskujący węgiel z dwutlenku węgla.

Bezziornikowe magazynowanie substancji – wprowadzanie substancji do skorupy ziemskiej (górotworu) nie wymagające celowego, wcześniejszego, wykonywania w niej pustek.

Bilans wodny – matematyczne określenie stanu równowagi między przychodem (zasilaniem) a rozchodem (stratami) wody na wybranym obszarze w określonym czasie.

Biomy – wielkie formacje roślinne kuli ziemskiej, podzielone na odrębne formacje, wyraźnie odzwierciedlające lokalne warunki klimatyczne. Odpowiadają głównym typom ekosystemów świata i odznaczają się specyficznym składem roślin i zwierząt, a roślinność ma jednolity charakter (np. z dominującym udziałem traw czy drzew zrzucających liście).

Biomagnifikacja – wzrost stężenia substancji szkodliwej w organizmie zajmującym wyższy poziom troficzny, wskutek kumulacji w ciele organizmu, a nie rozkładu lub zmetabolizowania.

Bioremediacja – zastosowanie mikroorganizmów do oczyszczania skażonego środowiska.

Biotransformacja – przemiana związku chemicznego w inny produkt lub produkty z udziałem mechanizmu biologicznego (prawie zawsze dzięki działaniu enzymu).

Ciało plastyczne – ciało, które odkształcając się pod wpływem obciążenia, po jego ustąpieniu zachowuje odkształcenie spowodowane obciążeniem.

Ciało sprężyste – ciało, które odkształcając się pod wpływem obciążenia, po jego ustąpieniu wraca do kształtu i wymiarów pierwotnych.

Ciężar objętościowy – stosunek ciężaru ciała wraz z zawartymi w nim porami (pustkami) do jego objętości, N/m^3 .

Ciężar właściwy – stosunek ciężaru fazy stałej do jego objętości, N/m^3 .

Ciśnienie dynamiczne złoża (przeciwcisnienie) – ciśnienie panujące w pewnym punkcie złoża (np. na dnie odwiertu), w chwili kiedy wydobywamy z niego pewną ograniczoną ilość medium. Wielkość jego zależy od wydobycia np. ropy sponad danego punktu.

Ciśnienie pierwotne złoża – ciśnienie, jakie panuje w złożu przed rozpoczęciem eksploatacji. Odpowiada ono w przybliżeniu ciśnieniu hydrostatycznemu.

Ciśnienie różnicowe (depresje) – różnica ciśnienia statycznego i dynamicznego dla pewnego punktu złoża.

Ciśnienie statyczne złoża – panuje w danym punkcie złoża, kiedy z punktu tego nie wydobywamy kopaliny, a ciśnienie już nie wzrasta mimo przestoju. Oblicza się go na podstawie wysokości słupa płynu o znanym ciężarze właściwym. Pomiar wykonuje się za pomocą ciśnieniomierzy węglanych.

Ciśnienie złożowe – ciśnienie panujące w określonym złożu, kształtowane przez wzajemne oddziaływanie sił wywołujących naprężenia w szkielecie skały oraz ciśnienia hydrostatyczne cieczy i gazu nasycające poziom produktywny.

Ciśnienie złożowe średnie – pojęcie umowne oznaczające ciśnienie statyczne pomnożone przez powierzchnie oddziaływania, a podzielone przez powierzchnię sumaryczną.

Cykl hydrologiczny – ciągły ruch pewnej ilości wody między atmosferą, hydrosferą i litosferą (krążenie wody).

Czas podwajania populacji – określa wzór:
czas podwajania (w latach) = $0,3 / \log [1 + (\% \text{ przyrostu rocznego} / 100)]$

Depresja → ciśnienie różnicowe.

Desorpcja → adsorpcja

Diageneza – całościowy proces fizycznych, chemicznych i biochemicznych (bakteryjnych) przeobrażeń, jakim podlegają osady po nagromadzeniu w środowisku sedymentacyjnym. Przebiegają ze zmniejszeniem zawartości tlenu, siarki i azotu. tworzą się przy tym związki zawierające więcej węgla. Pierwsze przemiany substancji organicznej zachodzą przy współudziale bakterii aerobowych, żyjących kosztem tlenu zawartego w substancji orga-

nicznej skał osadowych, wzbogacając wyjściową substancję organiczną w węgiel i wodór. Po wyczerpaniu tlenu aktywizują się bakterie anaerobowe powodujące m.in. fermentację. Patrz: Katageneza, Metamorfizm.

Dostępność biologiczna – stopień przyswajalności określonej substancji przez organizm zależny od zespołu parametrów: pH, rozpuszczalności, temperatury itp.

Drenaż wód podziemnych – naturalny wypływ wód podziemnych z poziomu wodonośnego: źródło, ciekły wód powierzchniowych, powierzchniowe wody stojące.

Dział wodny – linia wzdłuż której występuje kumulacja wód podziemnych lub powierzchniowych i która rozdziela zlewnie tych wód (przeciwnie kierunki ich spływu).

Ekologia – nauka badająca wzajemne stosunki między organizmami żywymi i otaczającym środowiskiem (nauka o strukturze i funkcjonowaniu żywej przyrody).

Emisja – masa zanieczyszczeń wprowadzanych do powietrza w określonym przedziale czasu, określana np. w t/rok, kg/h lub w odniesieniu do jednostki powierzchni, np. t/km²/rok. Patrz: *Imisja*.

Energia sejsmiczna – miara intensywności wstrząsu sejsmicznego.

Evaporacja (parowanie) – przemiana cieczy w parę. Patrz: *Kondensacja*.

Filar ochronny – część złoża, w granicach której wydobywanie kopaliny nie może być prowadzone lub może być dozwolone tylko w sposób zapewniający ochronę określonych dóbr.

Filtracja – ruch wody w skałach porowatych polegający na jej przesączaniu się przez pory i szczeliny.

Genotoksyczny – toksyczny względem materiału genetycznego organizmu.

Geochemia – obejmuje zagadnienia występowania i wędrówki poszczególnych pierwiastków w obrębie naszej planety, a przede wszystkim wykrywanie prawideł rządzących rozmieszczeniem i migracją pierwiastków w obrębie poszczególnych środowisk i pomiędzy tymi środowiskami.

Geologia inżynierska – nauka badająca procesy geologiczne i własności fizyczno-mechaniczne skał występujących głównie w przypowierzchniowej części skorupy ziemskiej dla potrzeb budownictwa: planowania przestrzennego, projektowania, wykonawstwa i eksploatacji obiektów budowlanych.

Gęstość – stosunek masy do objętości, jaką ona zajmuje, kg/m³.

Gospodarka – ogół przedsięwzięć technicznych, technologicznych, inżynierskich, ekonomicznych mających na celu racjonalne gospodarowanie określoną działalnością.

Granica terenu górniczego – linia zamknięta na powierzchni terenu wyznaczająca zasięg przewidywanych wpływów robót górniczych zakładu górniczego.

Hałas – dźwięki o dowolnym charakterze, niepożądane w określonych warunkach, szkodliwe dla człowieka.

Halda – skład surowców do dalszej przeróbki. Patrz: *Zwałowisko*.

Homeostaza antropogeniczna – doktryna zakładająca, że związek między człowiekiem a przyrodą winien być nacechowany równowagą dynamiczną. Człowiek razem z przyrodą – jako jej składnik – ulega przekształceniom i rozwojowi w równowadze ze środowiskiem. W układzie „człowiek – środowisko” człowiek jest elementem dynamizującym układ, zaś środowisko – elementem stabilizującym. Przetrwanie człowieka zależy od przetrwania innych gatunków roślin i zwierząt. Patrz: *Antropocentryzm* i *Skrajny ekologizm*.

Horyzont wodonośny – poziom w pokładzie wodonośnym o ustalonym położeniu.

Hydrofilowy – „lubiący wodę”.

Hydrofobowy – „nie lubiący wody”.

Hydrogeologia – nauka o wodach podziemnych, a przede wszystkim o ich pochodzeniu, związkach z budową geologiczną, o warunkach ich występowania, prawach opisujących ich ruch, właściwościach fizycznych i chemicznych, sposobach ich kartograficznego odwzorowania, metodach szacowania ich zasobów i zasadach oceny przydatności do celów pitnych, przemysłowych i rolniczych.

Imisja – zawartość (stężenie) zanieczyszczeń gazowych lub pyłowych w powietrzu. Wyraża się jako stosunek ilości zanieczyszczeń do ilości powietrza przy uwzględnieniu uśrednienia stężeń dla okresu pomiarowego, przedstawiana jest np., w $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mg/m^3 . Patrz: *Emisja*.

Infiltracja – przenikanie wód opadowych lub powierzchniowych w głąb skorupy ziemskiej. Patrz: *Odływ* i *Transpiracja*.

Inżynieria środowiska – dziedzina naukowo-techniczna obejmująca ochronę i kształtowanie środowiska metodami technicznymi.

Karbonizacja – proces chemiczny, w którym kwas węglowy reaguje ze związkami mineralnymi, w wyniku czego zostają uwolnione jony, np. potasu, wapnia itp.

Kartowanie geologiczne – nanoszenie na mapę fizyczną informacji o budowie geologicznej terenu.

Katageneza – ogół procesów zachodzących w głębi skorupy ziemskiej, w podwyższonych warunkach temperatury i ciśnienia. W trakcie katagenezy przebiega wiele różnych reakcji chemicznych, które określane są jako dojrzewanie kerogenu, będące stopniową jego przemianą w węglowodory (ropę naftową). Podczas katagenezy dominują nie występujące w stadium diagenety reakcje krakowania. Istotną rolę odgrywają również reakcje dekarboksylacji i dysproporcjonowania wodoru. Patrz: *Diagenesa* i *Metamorfizm*.

Katastrofy ekologiczne (przemysłowe) – wydarzenia będące wynikiem niekontrolowanego przebiegu procesu, w którym występują niebezpieczne lub palne substancje. Wydarzenia te prowadzą do zagrożenia zdrowia i życia ludzkiego oraz do powstania strat ekonomicznych i poważnego zniszczenia lub uszkodzenia środowiska naturalnego.

Kation – dodatnio naładowany atom lub rodnik. Patrz: *Anion*.

Kolektor → *Zbiornik naturalny*

Kolmatacja – zatykanie porów i szczelin w skałach lub filtrach studziennych przez drobne i nierozpuszczalne składniki wody, cieczy wiertniczych lub złożowych, tworzące namuły.

Kompromis – uzyskanie (osiągnięcie) jednej cechy, korzystnej w danych warunkach, kosztem innej.

Koncentracja zanieczyszczeń → stężenie zanieczyszczeń.

Kondensacja – przeciwieństwo parowania, czyli przechodzenie pary wodnej w stan ciekły.

Kopalina – skała lub minerał o znaczeniu gospodarczym, uzyskiwane ze złoża za pomocą procesów górniczych.

Krażenie wody → cykl hydrologiczny.

Ksenobiotyk – trucizna (kseno – obcy, bios – życie); „związek obcy dla żywych organizmów”; związek chemiczny, który nie jest elementem prawidłowej biochemii danego organizmu (ale może być składnikiem normalnym dla innego organizmu).

Kumulacja – gromadzenie się w komórkach i tkankach organizmów żywych substancji egzogennych (pochodzących z zewnątrz) w wyniku ich dużego stężenia w środowisku. Przyczyną kumulacji jest dostępność biologiczna organizmu.

Kwasowanie – zwiększenie wydajności odwiertu przez obróbkę poziomów produktywnych przy użyciu kwasu (cieczy kwasującej) wtłaczanego w poziom produktywny (stosowane w skałach węglanowych lub w piaskowcach o spoiwie węglanowym).

Kwaśny opad (deszcz) – opad (deszczu) zakwaszony obecnością tlenków azotu i siarki (pH poniżej 5,5).

Liczba Poissona – stosunek względnego skrócenia wymiaru poprzecznego materiału do względnego wydłużenia w kierunku naprężenia głównego przy jednoosiowym stanie naprężeń (np. przy rozciąganiu lub ściskaniu).

Ligand – substancja, która wiąże się w sposób specyficzny.

Ładunek substancji (zanieczyszczeń, roztworów), ($\text{mg} \cdot \text{s}^{-1}$) – całkowita ilość transportowanych substancji określana, jako wielkość stężeń ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) przy określonym natężeniu przepływu ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

Magnituda – wielkość charakteryzująca intensywność wstrząsu sejsmicznego, proporcjonalna do logarytmu energii sejsmicznej.

Metabolizm (przemiana materii) – całokształt wzajemnie powiązanych reakcji biochemicznych związanych z procesami odżywiania, przetwarzania pokarmu, syntezy składników komórki, prowadzących z wykorzystaniem energii pochodzącej z reakcji biochemicznych, do wzrostu, dojrzewania i rozmnażania.

Metamorfizm – proces przebudowy wewnętrznej skał w głębi skorupy ziemskiej, w warunkach temperatury i ciśnienia znacznie wyższych od panujących na powierzchni Ziemi. Proces prowadzi do zmiany składu mineralogicznego i chemicznego skały, jej struktury i tekstury, przy czym przeobrażenia zachodzą głównie w stanie stałym. W wyniku metamorfizmu powstają skały metamorficzne. Patrz: *Diagenesa* i *Katagenesa*.

Metale ciężkie – ogólny termin obejmujący grupę metali i półmetali o gęstości większej niż 6 g/cm^3 (w literaturze spotyka się też wartości już powyżej $4,5 \text{ g/dm}^3$). Termin ten

powszechnie używany do określenia metali: Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, związanych z problemami skażenia i toksyczności. Alternatywną (i teoretycznie lepiej uzasadnioną) nazwą tej grupy pierwiastków jest określenie metale śladowe.

Metale śladowe → metale ciężkie

Metamorfizm – przemiany, którym podlegają skały osadowe lub magmowe pod wpływem temperatury i ciśnienia.

Mikroklimat – klimat, w którym żyją rośliny i zwierzęta, a zmienność jego parametrów nie jest uwzględniana na mapach rozkładu temperatur, wiatrów i opadów w skali globalnej.

Mikrokosmos (mezo-, makro-) – „mały” („średni”, „duży”) wielogatunkowy system doświadczalny, w którym fizyczne i biologiczne parametry mogą być zmienione, a rezultaty tych zmian rejestrowane.

Moduł Younga – współczynnik określający właściwości sprężyste ciała stałego. Charakteryzuje jego podatność na odkształcenie wzdłużne przy rozciąganiu lub ściskaniu.

Monitoring – systematyczna kontrola i rejestracja parametrów środowiska, ich analiza i stawianie ocen o stanie środowiska, stawianie hipotez o jego stanie w przyszłości, wpływ na zdrowie ludzi. Na podstawie ocen podejmowane są środki zapobiegawcze przed negatywnymi skutkami.

Nadkład – warstwy skalne zalegające nad rozpatrywanym złożem lub pokładem kopaliny, które należy przemieścić, aby udostępnić rozpatrywaną kopalinę do eksploatacji odkrywkowej.

Niejednorodne złożo – złożo, w którym występuje zmienność właściwości skały zbiornikowej: przepuszczalność, porowatość, miąższość, nasycenie ropą, wodą, gazem, jak również zmienność litologiczno-facjalna.

Nieużytek pogórnicy – teren przekształcony działalnością górnictwem, który trwale lub czasowo nie nadaje się do zabudowy, a także do innego zagospodarowania.

Obciążenie – działanie siłą.

Obieg wody w przyrodzie → cykl hydrologiczny.

Obryw – niekontrolowane odspojenie się skał ze zbocza skał litych.

Obszar górnicy – przestrzeń, w granicach której przedsiębiorca jest uprawniony do wydobywania kopaliny objętej koncesją.

Ochrona środowiska – działanie, bądź zaniechanie umożliwiające zachowanie lub przywrócenie równowagi przyrodniczej, koniecznej do zapewnienia współczesnym i przyszłym pokoleniom korzystnych warunków życia oraz realizacji prawa do korzystania z zasobów środowiska i zachowania jego wartości.

Ocena ryzyka – oszacowanie prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia (określonych skutków zdrowotnych) w wyniku narażenia na dany czynnik szkodliwy. Najtrafniej wyrażona jako odsetek populacji (zbiorowiska), który prawdopodobnie zostanie narażony.

Ocena zagrożenia – porównanie zdolności danego czynnika do powodowania uszkodzeń, z jego spodziewanym stężeniem w środowisku i ocena wynikających stąd szkodliwych skutków zdrowotnych.

Odkształcenie – zmiana kształtu i objętości ciała pod wpływem działającego obciążenia.

Odpady flotacyjne – bardzo drobna frakcja skały płonnej, zawierająca śladowe ilości minerałów użytecznych i dodatków stosowanych w procesach wzbogacania nisko okruszczonych surowców mineralnych.

Odpady górnicze – masy ziemne lub inne skalne substancje stałe, a także nie będące ściekami substancje ciekłe, powstające podczas górniczych robót przygotowawczych, udostępniających i eksploatacyjnych, nieprzydatne w miejscu lub czasie, w którym powstały.

Odpady przeróbcze – nieużyteczne produkty wzbogacania kopaliny o zawartości składnika użytecznego równej lub mniejszej od granicznej, przyjętej dla danego procesu wzbogacania i rodzaju nadawy.

Odpyw – grawitacyjne przemieszczanie się wody na powierzchni terenu (odpyw powierzchniowy) i w skałach (odpyw podziemny), wyrażany w m³/s, m³/d, m³/rok itp. Patrz: Infiltracja i Transpiracja.

Oporność górotworu na wpływy górnicze – zdolność skał otaczających wyrobisko do utrzymania się w stanie pierwotnym bez przemieszczeń i przekształceń.

Okres półtrwania – jest to czas niezbędny, aby połowa atomów izotopu promieniotwórczego uległa rozpadowi (np. ³²P jest promieniotwórczym izotopem fosforu, którego okres półtrwania jest 14-dniowy. Jeśli w dniu 0 jest 1 g ³²P, to w 14 dniu jest go 0,5 g ³²P, i 0,5 g ³²S, (trwały izotop siarki). W 28 dniu jest 0,25 g ³²P i 0,75 g ³²S, itd. Po upływie 10 okresów półtrwania (140 dni) radioaktywność izotopu jest uważana za „bezpieczną”, zbliżoną do poziomu tła).

Opady atmosferyczne – produkty kondensacji pary wodnej w postaci stałej lub ciekłej, które opadają na powierzchnię ziemi.

Opad pyłu – wyraża się jako strumień zanieczyszczeń docierający do podłoża w jednostce czasu i wyraża się go np. w g/m²/rok.

Oporność – genetycznie zdeterminowana zmniejszona wrażliwość organizmu na toksyczne działanie danego związku.

Opróbowanie złoże – proces mający na celu określenie własności skał zbiornikowych poziomu produktywnego. Polega na stworzeniu depresji w badanym poziomie przez usunięcie cieczy z otworu lub wymianę jej na inny płyn o niższej gęstości.

Osadnik – budowla ziemna służąca do składowania płynnych lub półpłynnych odpadów pochodzących z flotacji.

Osuwisko – oderwana i przesunięta część stopu w caliznie lub w zawale.

Ozonosfera – warstwa atmosfery na wysokości 20 do 50 km, zawierająca podwyższony, w stosunku do innych warstw, poziom ozonu.

Partia – ilość wyprodukowana, lub dostarczona, część dostawy (wagon, samochód, barka) lub przyzma wyprodukowana w tym samym czasie, w warunkach przyjmowanych za jednakowe. Ilość wyprodukowana w produkcji ciągłej i w uzgodnionym czasie jest uważana za partię.

Perforacja – udostępnienie orurowanego i zacementowanego otworu wiertniczego, wykonywane w sposób mechaniczny (specjalnymi przyrządami), przy zastosowaniu perforatorów pociskowych, perforacji bezpociskowej przy użyciu ładunków kumulacyjnych lub przez perforację hydrauliczno-erozyjną czy perforację z wykorzystaniem gotowych kanałów perforacyjnych w postaci rurek teleskopowych.

Pestycydy – chemiczne środki ochrony roślin pochodzenia naturalnego oraz substancje chemiczne nieorganiczne i organiczne syntetyczne.

Pierwiastki biogenne – dowolna substancja nieorganiczna, która jest konieczna do życia.

Pierwiastki śladowe (rzadkie) – wszystkie pierwiastki chemiczne uczestniczące w śladowych ilościach w budowie minerałów tworzących skały.

Pierwotne warunki złożowe – warunki panujące w złożu przed rozpoczęciem wszelkich prac górniczych.

Plan zagospodarowania przestrzennego – dokument ustalający uwarunkowania i kierunki zagospodarowania określonego obszaru (np. lokalnego, regionalnego i/lub krajowego), określający granice, przeznaczenie oraz zasady zagospodarowania terenu o różnych funkcjach, z podziałem na tereny służące celom mieszkaniowym, publicznym, przemysłowym, podlegające ochronie.

Podpróbka – próbka otrzymana z próbek pierwotnych lub z próbki ogólnej, czyli próbki średniej. Patrz *Próbka*.

Podsiąk kapilarny – proces wznoszenia się wody z poziomu zwierciadła wody gruntowej w porach glebowych (woda kapilarna właściwa) lub utrzymywanie się wody w porach nieposiadających kontaktu z wodą gruntową (woda kapilarna przywierająca). Na skutek podnoszenia się wody w kapilarach glebowych uzupełniane są ubytki wody w warstwach położonych powyżej zwierciadła wody.

Poduszka gazowa w PMG – minimalna objętość gazu znajdująca się w złożu po zakończeniu odbioru gazu, przeciwdziałająca ekspansji wód złożowych do poziomów magazynowych. Im większa jest objętość poduszki gazowej, tym wyższe jest, w tych samych warunkach, ciśnienie w magazynie, a tym samym większa wydajność odwiertów gazowych i mniejsze niebezpieczeństwo ich zawodnienia.

Pojemność czynna PMG – różnica pomiędzy maksymalną ilością gazu znajdującego się w magazynie a objętością poduszki gazowej.

Potencjacja – w odniesieniu do toksyczności: sytuacja, w której toksyczność mieszaniny związków jest większa niż sumaryczna toksyczność poszczególnych jej składników. Patrz: *Synergizm*.

Poziom wodonośny o zwierciadle napiętym – warstwa wodonośna o całkowitym nasyceniu wodą wolną, bez swobodnego zwierciadła i bez strefy aeracji, ograniczona w stropie i spągu warstwami nieprzepuszczalnymi bądź słabo przepuszczalnymi, z naporem na strop i spąg.

Poziom wodonośny o zwierciadle swobodnym – warstwa wodonośna mająca zwierciadło swobodne i wykształconą strefę aeracji.

Prace geofizyczne – pomiary właściwości fizycznych skał dla określenia ich rodzaju, budowy geologicznej skorupy ziemskiej.

Prawo podmiotowe – podstawowe i pochodne sytuacje prawne obywateli (uprawnienia, kompetencje itp.), w skład których wchodzi roszczenie prawne. Przysługuje ono jedynie ostatecznym adresatom norm prawnych, to jest obywatelom lub innym podobnym podmiotom, a nie organom administracji publicznej.

Prawo obywatelskie – prawa podmiotowe przysługujące obywatelom i innym osobom fizycznym, znajdującym się na terenie państwa – nie dot. relacji między obywatelami, ale wyłącznie między jednostką a państwem, dają jednostkom prawo do dochodzenia tych praw za pomocą środków procesowych w postępowaniu przed określonym organem. Prawa są uprawnieniami człowieka, które zobowiązują państwo do wykonania pewnych działań na rzecz ich realizacji. Wywodzą się one z praw naturalnych, tzn. przypisane są człowiekowi z racji jego człowieczeństwa. Żadna władza ich nie nadaje, są od niej niezależne i decyzją władz nie można ich nikomu odebrać. Władza ustanawia jedynie przepisy prawne zgodne z prawami człowieka i chroniące je. Prawa człowieka są niezbywalne, tzn. żaden człowiek nie może się ich wyrzec (np. nie może się oddać w niewolę, gdyż żadne państwo tego nie uzna).

Profilowanie geochemiczne – wszystkie badania geochemiczne, które w efekcie prowadzą do uzyskania wykresu obrazującego zmienność określonych wskaźników geochemicznych wzdłuż ściany odwiertu. Wykonuje się je, zależnie od zastosowanej metody, albo bezpośrednio w odwiercie za pomocą odpowiednich urządzeń pomiarowych, zapuszczanych w postaci sondy, albo wykonuje się je w laboratorium, wykorzystując do badań rdzenie, zwierziny lub płuczkę wiertniczą.

Projekt zagospodarowania złoża – dokument określający metody i środki ochrony złoża oraz ograniczania ujemnego wpływu eksploatacji kopaliny na środowisko.

Próbka pierwotna – ilość materiału pobrana z partii jednorazowo przez urządzenie do pobierania próbek.

Próbka ogólna – połączenie próbek pierwotnych.

Próbka reprezentatywna – próbka ogólna utworzona z próbek pierwotnych pobranych zgodnie z planem pobrania próbek, której jakość odpowiada jakości partii.

Próbka laboratoryjna – pomniejszona próbka uzyskana z próbki ogólnej przeznaczonej do badań laboratoryjnych.

Przekształcenia środowiska – wszelkiego rodzaju zmiany stanu litosfery i hydrosfery, powodujące wyłączenie obszarów z użytkowania przyrodniczego, zmianę wartości użytkowych, zmianę technologiczno-organizacyjnych możliwości terenów, zmiany estetyki i krajobrazu.

Przemiana materii → metabolizm.

Przeróbka kopaliny – całokształt procesów fizycznych, chemicznych, fizyko-chemicznych prowadzących do uzyskania ze stałych kopaliny produktów przemysłowych w wyniku zmian zasadniczych właściwości kopaliny, takich jak: wielkość ziaren, ich kształt, skład mineralogiczny czy chemiczny.

Przewietrzanie kopalni – dostarczanie do poziomów eksploatacyjnych niezbędnej ilości świeżego powietrza i odprowadzanie zużytego, przy wykorzystaniu depresji naturalnej lub sztucznej dla wywołania ciągłego przepływu.

Przeżywalność – proporcja organizmów przeżywających, pomiędzy dwiema określonymi grupami wiekowymi.

Przodek – wyrobisko, w którym odbywa się urabianie kopaliny użytecznej. Powierzchnia urabiania nosi nazwę *czoła przodka*.

Przydatność budowlana terenu – cecha określająca możliwość i sposób zabudowy terenu, w zależności od przewidywanych wpływów działalności przemysłowej, warunków hydrogeologicznych oraz charakterystyki obiektów budowlanych planowanych do posadowienia.

Rekultywacja – technologia polegająca na nadaniu lub przywróceniu terenom wartości użytkowej, przez właściwe ukształtowanie rzeźby terenu, poprawienie właściwości fizycznych i chemicznych, uregulowanie stosunków wodnych, odtworzenie gleb, umocnienie skarp oraz odbudowanie i zbudowanie niezbędnych dróg.

Renaturalizacja – wspomagany przez człowieka proces odtwarzania struktury i funkcji ekosystemów i ich krajobrazowych zespołów w kierunku maksymalnego upodobnienia do układów naturalnych. Renaturalizacja np. wód płynących to proces ich zagospodarowania w sposób nie zakłócający ich równowagi biologicznej.

Retencja wody – zjawisko naturalne lub sztuczne polegające na czasowym zatrzymaniu lub ograniczeniu prędkości, czyli spowolnieniu obiegu wody na powierzchni terenu, w glebie i w głębi górotworu.

Rodnik tlenowy – nietrwała forma tlenu posiadająca niesparowany elektron.

Rozwój zrównoważony – takie działania człowieka, które łączą (równoważą) zaspokajanie potrzeb człowieka z racjonalnym korzystaniem z zasobów przyrody.

Równoważnik toksyczności – wartość wyrażająca toksyczność mieszaniny czynników chemicznych w porównaniu do substancji toksycznej przyjętej jako standard.

Ruda – kopalina użyteczna będąca źródłem metalu lub związków metalu (nie dotyczy surowców zawierających metale alkaliczne, jak sód, potas). Rudą nazywa się także niektóre kopaliny użyteczne będące źródłem niemetalu (np. rudy siarki). Termin ruda używa się w połączeniu z nazwą odpowiedniego metalu (np. ruda żelaza, ruda miedzi, ruda cynku) lub minerału (ruda syderytowa, ruda magnetytowa). Rudy mogą stanowić skupienie jednego metalu lub zawierać kilka metali (rudy polimetaliczne). Według użyteczności i zastosowania przemysłowego metali różni się m.in. następujące grupy rud: rudy metali żelaznych (Fe, Mn, Cr), rudy metali staliwnych, uszlachetniających stal (Ni, Co, Mo, W, V, Ti), rudy metali nieżelaznych (Sn, Cu, Pb, Zn), rudy metali lekkich (Al., Mg), rudy metali specjalnych i rzadkich (Sb, As, Hg, Bi, Cd, Ga, Ge, Zr i inne), rudy metali szlachetnych (Au, Ag, Pt), rudy metali promieniotwórczych (U, Th, Ra).

Sejsmograf – urządzenie służące do zapisu amplitud prędkości drgań cząstek gruntu, wywołanych wstrząsem sejsmicznym.

Selektywność (np. toksyczna) – różnica w toksyczności danego związku dla różnych gatunków, płci, szczepów lub grup wiekowych.

Skala zbiornikowa → Zbiornik naturalny

Skarpa – nachylony lub pionowy element powierzchni wyrobiska albo zwałowiska zawarty między innymi elementami, raczej poziomymi, ukształtowany w wyniku urabiania skał lub ich zwałowania.

Składowanie odpadów w górotworze – umieszczenie odpadów w pustkach wykonanych w skorupie ziemskiej. Może mieć charakter stały lub czasowy. Pustki mogą być wykonane celowo, lub wykorzystuje się te, które powstały w wyniku wydobywania kopalin.

Skrajny ekologizm – podporządkowanie człowieka prawom i prawidłowościom przyrody. Wynika z przekonania, że człowiek podlega tym samym prawom egzystencji i rozwoju co inne gatunki biologiczne. Koncepcja głosi konieczność rezygnacji z technologicznej ingerencji człowieka w przyrodę oraz z kształtowania przez niego środowiska. Patrz: Antropocentryzm i Homeostaza antropogeniczna.

Skutki działalności przemysłowej – stwierdzone w środowisku, niekorzystne efekty działalności gospodarczej.

Smog atmosferyczny – mgła nasycona licznymi zanieczyszczeniami gazowymi i pyłowymi. Powstaje w obszarach o dużej emisji zanieczyszczeń przy słabym ich rozprzestrzenianiu się oraz przy sprzyjających warunkach meteorologicznych (np. silnym nasłonecznieniu).

Solidyfikacja odpadów – proces przekształcenia odpadów, głównie niebezpiecznych w formy stabilne, obojętne zarówno pod względem fizycznym, jak i chemicznym, a polega na eliminacji wolnej wody znajdującej się w strukturze odpadów, w wyniku hydratacji środków zestalających. Środkiem zestalającym jest cement, gips, wapno, popioły lotne, żużel, glina, szkło wodne. Jest to ostatni etap przed zdeponowaniem odpadów na składowisku.

Sozologia – nauka o kompleksowych zmianach zachodzących w środowisku przyrodniczym, zwłaszcza pod wpływem czynników postępu technicznego oraz o sposobach zapobiegania lub łagodzenia ujemnych skutków ich działania.

Sozotechnika – nauka o wykorzystaniu zdobyczy współczesnej techniki w procesie kształtowania i ochrony środowiska.

Staw osadowy → osadnik.

Stężenie zanieczyszczeń – ilość danej substancji zanieczyszczającej w jednostce objętości.

Stateczność zbocza – stan, w którym siły utrzymujące w równowadze bryłę gruntu wzdłuż potencjalnej linii poślizgu są odpowiednio większe od sił, które usiłują przesunąć te bryły.

Statyczne warunki złoża – warunki panujące w złożu po jego naruszeniu przy ustalonych warunkach równowagi ciśnień pomiędzy złożem a wyrobiskiem, pustką, odwiertem, zrobem.

Stężenie (koncentracja) – obejmuje ilość substancji zawartej w jednostce objętości (np. wody) i wyrażona jest w jednostkach wagowych, czyli w $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

Strefa ugięcia – przypowierzchniowa warstwa górotworu odkształcająca się bez spękań na skutek oddziaływania prowadzonej pod nią eksploatacji górniczej.

Strefa zawalu – warstwa skał przemieszczających się do wyrobiska górniczego na skutek przerwania ciągłości stropu tego wyrobiska.

Substancja skażająca – substancja chemiczna obecna w środowisku w ilości przekraczającej poziom tła i zdolna wywołać uszkodzenia struktur biologicznych.

Substancja zanieczyszczająca – substancja, której obecność przekracza poziom uznawany za normalny dla dowolnego składnika ekosystemu.

Sucha pozostałość – oznaczana jest przez odparowanie 1 litra wody i wysuszenie w temperaturze 105°C. Na suchą pozostałość składają się związki mineralne i organiczne, rozpuszczone, zawieszone i koloidalne.

Surowiec – produkt naturalny pochodzenia mineralnego, roślinnego lub zwierzęcego przeznaczony do dalszego przetworzenia w celu uzyskania produktu. Patrz: *Wtórny surowiec*.

Synergizm – w odniesieniu do toksyczności: sytuacja, w której jeden składnik mieszaniny podany oddzielnie, w ustalonej dawce, nie powoduje zatrucia. Patrz: *Potencjacja*.

Szczelinowanie – zwiększanie przepuszczalności skał górotworu w celu intensyfikacji przepływu ropy i gazu lub zwiększenia chłonności przy wtlaczaniu wody do odwiertów zasilających. Szczelinowanie hydrauliczne polega na wtlaczaniu do górotworu cieczy szczelinujących (np. ropy o zwiększonej lepkości lub wody) bezpośrednio z rur okładzinowych.

Szkoda – zaistniały stan dokonanych czynności, w postaci uszkodzenia lub zanieczyszczenia danego elementu środowiska, a także uciążliwość użytkowania lub korzystania z tego obiektu przez ludzi.

Ścieki – wody zużyte na potrzeby bytowo-gospodarcze, przemysłowe, a także wody miejskie i opadowe. Ścieki są układem wielofazowym, składającym się z wody i cząstek związków organicznych i nieorganicznych pozostających w niej w postaci roztworów rzeczywistych jonowych lub molekularnych, układów koloidalnych albo rozproszonej fazy stałej lub płynnej.

Środowisko geologiczne – przypowierzchniowa część skorupy ziemskiej wraz ze wszystkimi oddziałującymi na nią i w niej czynnikami atmo-, hydro- i biosfery oraz ze zmieniającymi ją procesami geologicznymi.

Środowisko geologiczno-inżynierskie – część środowiska geologicznego, która pod wpływem działalności człowieka podlega zmianom.

Środowisko otaczające – dla organizmu lądowego jest nim gleba, zaś dla organizmu wodnego jest to zwykle woda lub osad denny. Dla człowieka jest to zespół: gleba, woda i atmosfera ziemiska.

Szkodniki – organizmy żywe (rośliny i zwierzęta) konkurujące z człowiekiem o pożywienie i schronienie, przenoszące patogeny, żerujące na człowieku lub w inny sposób zagrażające jego zdrowiu, samopoczuciu i dobrom. Pojęcie odnoszone jest często do gatunków, które wymknęły się spod kontroli swym naturalnym wrogom (np. skutek przeniesienia do innych części świata).

Tąpnięcie – zjawisko wywołane pękaniem mocnych i sprężystych skał, powodujące wstrząs górotworu, któremu towarzyszą odgłosy huku, trzasków itp.

Teren chroniony – obszar, pod którym wybieranie złoże kopaliny może być prowadzone zgodnie z określonymi warunkami ochrony zlokalizowanej na nim zabudowy.

Teren górniczy – przestrzeń objęta przewidywanymi wpływami robót górniczych zakładu górniczego.

Toksyczny – szkodliwy dla żywych organizmów.

Transpiracja – wydzielanie wody w postaci pary wodnej przez rośliny lądowe. Woda uchodzi przez aparaty szparkowe, skórę i kutykulę.

Uciążliwości środowiska – czynniki zakłócające normalny tryb użytkowania lub korzystania ze środowiska.

Ultrametamorfizm – proces przebiegający w głębokich warstwach skorupy ziemskiej, gdzie wysoka temperatura powoduje topnienie niektórych składników skały.

Urabianie skał – oddzielanie kawałków skał od calizny i ich rozdrabnianie bez zmiany stanu skupienia lub ze zmianą stanu skupienia.

Urabialność skał – podatność skał na oddzielenie jakiejś jej części od calizny.

Wentylacja kopalni → przewietrzanie.

Wibracje – bezpośrednie przenoszenie drgań mechanicznych i układu drgającego na organizmy żywe i inne układy fizyczne, bez udziału środowiska gazowego.

Wiercenia badawcze – wykonywanie otworów wiertniczych w skorupie ziemskiej dla poznania jej budowy geologicznej.

Wody kopalniane (dołowe) – wody wypompowane z spągu kopalni, zawierające duże ilości rozpuszczonych soli mineralnych.

Wody nadosadowe – wody utrzymujące się na powierzchni stawów osadowych po wprowadzeniu do nich półpłynnych produktów odpadowych pochodzących z flotacji.

Wolne rodniki – chemiczne postaci (atomy, cząsteczki lub jony), które zawierają niesparowane elektrony, zwykle wysoce reaktywne.

Wolności – sfery ludzkiego działania, w które państwo nie może ingerować (np. wolność sumienia i wyznania: nie wolno się nikogo pytać o to czy wierzy i w co, oraz zabraniać praktykowania czy zmuszać do udziału w praktykach religijnych). Prawo i wolności człowieka zapisane są w dokumentach krajowych i międzynarodowych. Najważniejszym dokumentem krajowym jest Konstytucja. Spośród dokumentów międzynarodowych należy wymienić dokumenty powstałe w systemie Organizacji Narodów Zjednoczonych, m.in. dotyczące ogólnie praw i wolności człowieka: Powszechna deklaracja Praw Człowieka; Międzynarodowy pakt Praw Obywatelskich i Politycznych; Międzynarodowy Pakt Praw Gospodarczych, Społecznych i Kulturalnych. W systemie Rady Europy są to m.in. dokumenty dotyczące ogólnych praw i wolności człowieka, jak: Europejska Konwencja o Ochronie Praw Człowieka i podstawowych wolności; Europejska Karta Społeczna.

Wpływ gospodarczej działalności górniczej na środowisko – ogół przekształceń środowiska spowodowanych robotami górniczymi i procesami przeróbki kopalini.

Wpływy bezpośrednie – oddziaływania wykonywanych czynności, powodujące przekształcenia środowiska.

Wpływy pośrednie – oddziaływania wynikające z wpływów bezpośrednich, powodujące wtórne przekształcenie środowiska.

Współczynnik biokoncentracji (BCF) – stosunek stężenia substancji chemicznej w organizmie do stężenia tej samej substancji chemicznej w otaczającym środowisku.

Współczynnik czasu – parametr modelu procesu deformacji skorupy ziemskiej uwzględniający wpływ czasu na kształtowanie się deformacji.

Współczynnik eksploatacyjny – parametr modelu procesu deformacji skorupy ziemskiej charakteryzujący sposób likwidacji pustki poeksploatacyjnej.

Wstrząsy – wstrząsy typu podziemnego, m.in. o charakterze eksploatacyjnym, wywołujące na powierzchni skorupy ziemskiej drgania cząstek podłoża gruntowego, które mogą być szkodliwe dla obiektów budowlanych i uciążliwe dla ludzi.

Wtórny surowiec – część materii, która nie stała się produktem głównym, ale którą można technicznie przetworzyć. Patrz: Surowiec.

Wyrobisko górnicze – pusta przestrzeń w skałach skorupy ziemskiej, powstała wskutek urobienia i usunięcia skał.

Wytrzymałość – graniczna wartość obciążenia, przy którym ciało (element) ulega zniszczeniu, N/m².

Wzbogacanie kopalin – proces rozdzielania kopaliny stałej na frakcje ziaren o różnej wartości substancji użytecznej (różnej gęstości), nazywane produktami.

Zasoby przyrody – całkowita ilość surowców mineralnych oraz biomasy, które mogą być przetworzone na produkty użyteczne.

Zagrożenie – właściwość danego czynnika chemicznego (lub środowiskowego) do spowodowania uszkodzeń lub szkodliwych skutków zdrowotnych (lub środowiskowych).

Zasoby nieodnawialne – zasoby przyrody nie reprodukuje się w historycznej skali czasu.

Zagrożenia górnicze (szkody) – przewidywane, negatywne wpływy planowanej działalności górniczej.

Zakład górniczy – wyodrębniony technicznie i organizacyjnie zespół środków służących przedsiębiorcy do bezpośredniego wydobywania kopaliny ze złoża, w tym wyrobiska górnicze, obiekty budowlane oraz technologicznie związane z nimi obiekty i urządzenia przerobcze. Zanieczyszczenie powietrza – wprowadzanie do powietrza substancji stałych, ciekłych i gazowych, których rodzaj i ilość negatywnie oddziałują na środowisko i zdrowie człowieka.

Zanieczyszczenie wody – substancje stałe w formie zawiesin, koloidów, różnorodnie rozpuszczalne i nierozpuszczalne związki chemiczne, metale ciężkie, substancje organiczne, a także mikroorganizmy znajdujące się w wodzie i oddziałujące negatywnie na środowisko i zdrowie człowieka.

Zasady termodynamiki – Pierwsza zasada: w żadnych przemianach energetycznych energia nie może powstać z niczego, ani ulec zanikowi. Druga zasada: każdej przemianie energetycznej towarzyszy strata wolnej energii w systemie.

Zasięg niecki obniżeniowej – granica rozprzestrzeniania się obniżeń powierzchni terenu poza kontury pola eksploatacyjnego.

Zasięg wpływów eksploatacji górniczej – granica oddziaływań robót górniczych wyznaczona w stosunku do określonego rodzaju wpływów górniczych.

Zasoby biologiczne – naturalne populacje oraz ekosystemy.

Zasoby pierwiastków biogennych – drogi włączania pierwiastków biogennych do obiegu w ekosystemach, np. erozja mechaniczna i chemiczna, procesy karbonizacji, rozpuszczanie, transport, opadanie, sedymentacja, osiadanie.

Zawał – oderwanie się i osunięcie warstw nadległych nad wyrobiskiem.

Zawodnienia napływowe – zalewiska powstające na obszarze gruntów zwięzłych (słabo przepuszczalnych), na których wykształcają się obszary bezodpływowych zagłębień.

Zawodnienia rozlewiskowe – rozlewiska powstające na skutek lokalnego odwrócenia spadków na odcinkach cieków objętych obniżeniami wywołanymi eksploatacją górniczą.

Zawodnienia wodogruntowe – podniesienie się poziomu zwierciadła wody gruntowej związane z obniżeniem terenu w warunkach płytkiego jej zalegania.

Zawodnienie gleb – wzrost ilości wody wolnej w profilu glebowym.

Zbiornik naturalny – skała, w której gromadzi się ropa, gaz i woda. Kształt zbiornika uzależniony jest od jego stosunku do otaczających go skał źle przepuszczalnych.

Zdolność produkcyjna (moc produkcyjna) – techniczna sprawność zespołu urządzeń produkcyjnych wyrażona liczbą wyrobów, która może być wykonana lub ilością surowca, która może być przerobiona w jednostce czasu, w normalnych warunkach pracy.

Zgazowanie podziemne – pozyskiwanie gazu z pokładów węgla przez podziemne jego utlenienie za pomocą powietrza i czystego tlenu bądź powietrza wzbogaconego tlenem.

Zlewnia – obszar, którego wszystkie wody powierzchniowe i podziemne spływają do jednego miejsca.

Zlewnia podziemna – obszar, z którego wszystkie wody podziemne spływają do jednego cieku.

Zlewnia powierzchniowa (topograficzna) – obszar, z którego wszystkie wody powierzchniowe spływają do tego samego cieku.

Zroby – nieczynne wyrobiska, w których zakończono roboty eksploatacyjne.

Zsuw – przesunięcie górnej warstwy gruntu równoległe do powierzchni terenu.

Zwałowisko wewnętrzne – zwałowisko nadkładu położone wewnątrz wyrobiska odkrywkowego, w którym go urobiono. Patrz: *Hałda*.

Zwałowisko zewnętrzne – zwałowisko nadkładu położone poza zasięgiem wyrobiska, w którym go urobiono. Patrz: *Hałda*.

Literatura uzupełniająca:

- Adamczyk A., Witczak S.: *Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania*, Tom I. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, PIOŚ, 1994.
- Adamczyk A., Witczak S.: *Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania*, Tom II. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, PIOŚ, 1995.
- Allan J.D.: *Ekologia wód płynących*, Warszawa, PWN, 1998.
- Alloway B.J., Ayres D.C.: *Chemiczne podstawy zanieczyszczenia środowiska*, Warszawa PWN, 1999.
- Bajkiewicz-Grabowska E., Mikulski Z.: *Hydrologia ogólna*, Warszawa, PWN, 1999.
- Bajkiewicz-Grabowska E.: *Zmiany odpływu z malej zlewni w wyniku prac melioracyjnych*, „Gospodarka Wodna”, Nr 1, 1975.
- Bar M, Jendrońska J., Urban S.: *Niedopełnienie obowiązku wdrażania unijnej legislacji przez Polskę – konsekwencje, procedury*, „Prawo i Środowisko”, 1(33)/03.
- Baran S., Turski R.: *Wybrane zagadnienia z utylizacji i unieszkodliwiania odpadów*, Lublin, Wydawnictwo AR, 1999.
- Barczak A.: *Decyzja administracyjna jako prawna forma działania administracji samorządowej w ochronie środowiska*, „Prawo i Środowisko”, 3(31)02.
- Barrow J.D.: *Początek Wszechświata*, Warszawa, Świat Książki, 1999.
- Barteczek A. i inni: *Ocena wpływu eksploatacji złóż węgla kamiennego na środowisko wodne*, CPBP 04.10, Nr 3, Warszawa, Wydawnictwo SGGW-AR, 1988.
- Bartkowski T.: *Krótką geografia skażeń i zaburzeń w środowisku człowieka w Polsce powstałych w wyniku rozwoju społeczno-gospodarczego kraju – stan aktualny i prognoza oraz propozycje rozwiązań konfliktów środowiskowych*, Poznań 1992.
- Bartosiewicz J.: *Zapobieganie zagrożeniu ozonosfery oraz zahamowanie efektu cieplarnianego*, „Prawo i Środowisko”, 3(31)02.
- Bartoszek A., Liniewicz K.: *Zakres widzialności, warunki meteorologiczne, a zanieczyszczenie środowiska*, „Aura” 10/2002.
- Bechmann A.: *Rolnictwo ekologiczne – owoc XX wieku*, Warszawa, Stowarzyszenie EKOLAND i Stiftung Leben & Umwelt, 1993.
- Bednarek R., Prusinkiewicz Z.: *Geografia gleb*, Warszawa, PWN, 1999.
- Bednarski R.: *Perspektywy rozwoju gazownictwa w Polsce do 2010 r.*, „Technika Naftowa i Gazownicza” Nr 2(21), 1994.

- Bergmann W.: *Atlas objawów i niedoboru lub nadmiaru składników pokarmowych u roślin uprawnych*, Warszawa, PWRiL, 1977.
- Białecka B.: *Badania wpływu składowiska odpadów komunalnych na stan powietrza atmosferycznego*, „Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów”, 4/2002.
- Bieleński A.: *Podstawy chemii nieorganicznej*, Warszawa, PWN, 2002.
- Bieszczad S., Sobota J. (red.): *Zagrożenia, ochrona i kształtowanie środowiska przyrodniczo-rolniczego*, Wrocław, Wydawnictwo AR, 1999.
- Binkowski B., Fąfara R.: *Zagrożenie i ochrona wód podziemnych w legnicko-głogowskim okręgu miedziowym*, II Ogólnopolskie sympozjum: Współczesne problemy hydrologii regionalnej. Łądek Zdrój, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego.
- Błądek J., Maranda A., Nowaczewski J., Darlewski W.: *Zanieczyszczenie gleby produktami niepełnej detonacji materiałów wybuchowych*, „Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów”, 6/2002.
- Bogacki M., Pabisz M.: *Strategie ograniczania stężenia ozonu w przyziemnej warstwie atmosfery*, „Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów”, 5/2002.
- Bogdanowski J.: *Krajobraz – kanonem architektury polskiej*, „Aura” 6/2002.
- Boguszewski W.: *Wapniowanie gleb*. Warszawa, PWRiL, 1980.
- Bojakowska I., Soczyńska G., Kłębek A., Grabiec-Raczek E.: *Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) w wybranych osadach rzecznych Polski – monitoring geochemiczny osadów wodnych*, „Przegląd Geologiczny”, 42,10, 1994.
- Bolewska A.: *Minerały skalotwórcze*, Warszawa, Wydawnictwo Geologiczne, 1973.
- Bolewski A., Gruszczyk H.: *Surowce mineralne*, Warszawa, Wydawnictwo Geologiczne, 1982.
- Bolewski A., Manecki A.: *Mineralogia opisowa*, Skrypty uczelniane AGH, 932, Kraków 1984.
- Bolewski A., Manecki A.: *Mineralogia szczegółowa*, Warszawa, Wydawnictwo PAE, 1993.
- Bolewski A., Turnau-Morawska M.: *Petrografia* Warszawa, Wydawnictwo Geologiczne, 1963.
- Bolewski A.: *Rodzaj i jakość kopalin a prognozowanie zasobów złóż*, „Przegląd Geologiczny”, 3, 1979.
- Bolewski A.: *Zasoby złóż kopalin a gospodarka surowcami mineralnymi*, „Przegląd Geologiczny”, 5, 1978.
- Bonatowska K.: *Cicha, niewidzialna, bezwonna. Bezpieczeństwo żywności (cz.II)*, „Ekopartner” 5(139)2003.
- Bonenberg K.: *Skład otaczającego nas świata*, „Aura”, 7, 2000.
- Bonenberg K.: *Tajemnice zdrowia. Dziś o katastrofach chemicznych*, „Aura” 6/2002.
- Boryczka J.: *Wahania klimatu Ziemi zdeterminowane cyklicznością parametrów Układu Słonecznego*, Prace i Studia Geograficzne, WGiSR UW, 20, Warszawa 1997.
- Brzozowska A. (red.): *Toksykologia żywności. Przewodnik do ćwiczeń*, Warszawa, Wyd. SGGW, 1999.
- Buckman H.C., Brady N.C.: *Gleba i jej właściwości*, Warszawa, PWRiL, 1971.

- Budryk W., Knothe S.: *Wpływ eksploatacji podziemnej na powierzchnię z punktu widzenia ochrony obiektów*, „Przegląd Górniczy”, 6, 1950.
- Budzianowski Z., Lessaer S.: *O osiadaniu fundamentów posadowionych na sypkim gruncie podlegającym rozpełzaniu w czasie eksploatacji górniczej*, Archiwum Inżynierii Łądowej, 4, 1964.
- Budzyński H.: *Wpływ rozpełzania podłoża górniczego na wiotkie ławy fundamentowe usytuowane równoległe do kierunku rozpełzania*. Praca doktorska GIG; Katowice 1974.
- Bujok P., Kalus D., Hofrichterova L.: *Badania zanieczyszczenia gruntów oraz wód podziemnych w roponośnych strefach złożowych*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wydział Wiertniczo-Naftowy. VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Kraków, 22–23 czerwca 1995.
- Byczkowski A.: *Monitoring płynących wód powierzchniowych*, „Gospodarka Wodna”, Nr 2, 1996.
- Campbell B.: *Ekologia człowieka*, Warszawa, PWN, 1995.
- Castany G.: *Poszukiwania i eksploatacja wód podziemnych*, Warszawa, Wydawnictwo Geologiczne, 1972.
- Cebula J., Górka P., Barbusiński K., Kościelniak H., Księżyk-Sikora A.: *Wybrane zagadnienia ochrony środowiska*, Gliwice, Wydawnictwo PŚ, 2000.
- Chałupniak S., Molenda E.: *Oczyszczanie wód kopalnianych z radu*, „Aura” 4/2002.
- Chelmiński W.: *Woda, zasoby, degradacja, ochrona*, Warszawa, PWN, 2001.
- Chmiel A.: *Biotechnologia, podstawy mikrobiologiczne i biochemiczne*, Warszawa, PWN, 1994.
- Chodań J., Grzesiuk W., Mirowski Z.: *Zarys gleboznawstwa i chemii rolnej*, Warszawa, PWN, 1984.
- Chudzik M., Żarczyński A.: *Źródła związków chloroorganicznych zanieczyszczających środowisko*, „Aura” 1/2001.
- Ciechanowicz-McLean J.: *Stosowanie międzynarodowego prawa ochrony środowiska w Polsce*, „Prawo i Środowisko” 1(29)02.
- Ciszewski D.: *Rozprzestrzenianie metali ciężkich w osadach dennych zlewni rzeki Chechło*, Inżynieria Środowiska, Kraków, Wydawnictwo AGH, 1996.
- Code of Good Agricultural Practice for the Protection of Soil*, Ministry of Agriculture Fisheries and Food. Welsh office Agriculture Department, 1993.
- Code of Good Agricultural Practice for the Protection of Water*, Ministry of Agriculture Fisheries and Food. Welsh office Agriculture Department, July 1991.
- Czaja S., Gembarzewski H., Sienkiewicz U.: *Rolniczy aspekt zagospodarowania zasolonych wód kopalnianych*, „Aura” 6, 1995.
- Czuba R., (red.): *Nawożenie*, Warszawa, PWRiL, 1986.
- Dawidowicz S.: *Zarys termodynamiki gazu ziemnego*, Kraków, Wydawnictwo AGH, 1989. Skrypt uczelniany nr 1161.
- Dobrzański B., Zawadzki S. (red.): *Gleboznawstwo*, Warszawa, PWRiL, 1995.
- Dobrzański B.: *Gleby i ich wartość użytkowa*, Warszawa, PWRiL, 1966.
- Dojlido J., Woyciechowska J., Stojda A.: *Indeks jakości wody*, „Gospodarka Wodna”, 10, 1983.

- Dojlido J.: *Chemia wody*, Warszawa, Wydawnictwo ARKADY, 1987.
- Dojlido J.: *Chemia wód powierzchniowych*, Warszawa, Wydawnictwo Ekon. i Środ., 1997.
- Draniewicz B.: *Odpowiedzialność za szkodę wyrządzoną w środowisku przez zakład o zwiększonym lub dużym ryzyku – wybrane zagadnienia*, „Prawo i Środowisko” 1(33)/03.
- Dubiel S., Chrząszcz W., Rzyczniak M.: *Analiza zmian ciśnień w otworach naftowych podczas dowiercania warstw perspektywicznych w obszarze Przedgórze Karpat*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wiernictwo. Nafta. Gaz. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2001.
- Dubiel S., Ziąja J.: *Awarie i komplikacje wiertnicze z kolumnami rur traconych*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wiernictwo. Nafta. Gaz. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2001.
- Duczmal M.: *Ustawa czyszcząca*, „Prawo i Środowisko”, 3(31)02.
- Duda W. *Działanie niektórych herbicydów bipirydylowych i fenoksylowych na hemoglobiny kregowców*, (w.): A. Kurnatowska (red.): *Ekologia. Jej związki z różnymi dziedzinami wiedzy*. Warszawa, PWN, 2002.
- Dynowska I.: *Przemiany stosunków wodnych w Polsce w wyniku procesów naturalnych i antropogenicznych*, Kraków 1993.
- Dziwioński Z.: *Rolnicze zbiorniki retencyjne*, Warszawa, PWN, 1973.
- Eckes T.: *Zakres wykorzystania dokumentacji glebowej i sposób jej przetwarzania dla potrzeb oceny oddziaływania na środowisko*, Inżynieria Środowiska, Kraków, Wydawnictwo AGH, 1996.
- Eksploracja złóż mineralnych z dużych głębokości metodą hydropneumatyczną – pogłębiarka Hydrop DED-80/20*, „Informacja bieżąca”, 3, 1965.
- Eksploracja złóż o dużej miąższości pokładu przy użyciu sprzętu głębokoczerpalnego. Pływająca koparka chwytakowa typu „Ridinger”*, „Informacja bieżąca”, 4, 1965.
- Eksploracja złóż o dużej miąższości. Pływająca koparka wielonaczyniowa typu KDB-100*, „Informacja bieżąca”, 5, 1965.
- Encyklopedia Powszechna PWN*, Tom I do IV. Wydanie trzecie Warszawa, PWN, 1983.
- Engel Z.: *Hałas nadal groźny*, „Aura”, 2, 2003.
- Engel Z.W.: *Zwalczanie hałasu w świetle nowych przepisów prawnych*, „Aura” 9/2001.
- Fajkiewicz Z.: *Zarys geofizyki stosowanej*, Warszawa, Wydawnictwo Geologiczne, 1972.
- Falandysz J.: *Dioksyna i substancje dioksynopodobne*, „Aura” 2/2001.
- Fikus M.: *Ekstremofile*, „Wiedza i Życie”, 12, 1996.
- Filipek T. (red.): *Podstawy i skutki chemizacji agroekosystemów*, Lublin, Wydawnictwo AR, 1999.
- Florencka N.: *Antropogeniczne osady w dolinie rzeki Białej* (komunikat), Inżynieria Środowiska, Kraków, Wydawnictwo AGH, 1996.
- Fotyma M., Mercik S., Faber A.: *Chemiczne podstawy żyzności gleb i nawożenia*, Warszawa, PWRiL, 1987.
- Fotyma M., Mercik S.: *Chemia rolna*, Warszawa, PWN, 1995.
- Garścia E.: *Zagrożenie talem?* „Aura” 8/2001.
- Gasidło K.: *Problemy przekształceń terenów przemysłowych*, Gliwice, 1998

- Gil-Kleczeńska B.: *Wpływ rozluźnienia podłoża górniczego na osiadania budowli o fundamentach pływowych*, Praca doktorska. GIG, Katowice 1978.
- Głowiak B., Kempa E., Winnicki T.: *Podstawy ochrony środowiska*, Warszawa, PWN, 1985.
- Gołębiowska J.: *Mikrobiologia rolnicza*, Warszawa, PWRiL, 1986.
- Gonet A., Stryczek S.: *Technologia wzmacniania górotworu metodą iniekcji otworowej na przykładzie kopalni soli „Wieliczka”*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wydział Wiertniczo-Naftowy. VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Kraków, 22–23 czerwca 1995.
- Goody R.M., Walker J.C.G.: *O atmosferach*, Warszawa, PWN, 1978.
- Górski M.: *Sankcyjne decyzje zobowiązujące w przepisach ustawy Prawo ochrony środowiska – wydawane przez wójta (burmistrza lub prezydenta) cz.II.*, „Przegląd Komunalny” 7(142)/2003.
- Gruszczyński S., Trafas M.: *Próba oceny zasięgu oddziaływania osadnika odpadów poflotacyjnych rud Zn i Pb na zmiany właściwości gleb*, Inżynieria Środowiska, Kraków, Wydawnictwo AGH, 1996.
- Gruszecki K.: *Prawne aspekty wstrzymania użytkowania instalacji przez WIOŚ*, „Aura” 5/2002.
- Gruszecki K.: *Odpowiedzialność za zniszczenie drzew i krzewów*, „Aura” 2/2002.
- Gruszecki K.: *Odroczenie, zmniejszenie oraz umorzenie kar pieniężnych za zanieczyszczenie środowiska*, „Aura” 8/2002.
- Grzelak E.: *Kruszywa mineralne*, Warszawa, COIB, 1995.
- Grzelak E.: *Maszyny i urządzenia do przeróbki mechanicznej surowców mineralnych*, Warszawa, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1975.
- Gumułczyński J., Czerwińska S.: *Pluczki do głębokich wierceń*, Katowice, Wydawnictwo „Śląsk”, 1965.
- Haładyj A.: *Konstytucyjne prawo do korzystania z wartości środowiska*, „Prawo i Środowisko” 2(30)02.
- Haładyj A.: *Zasada subsydiarności w europejskim prawie ochrony środowiska*, „Prawo i Środowisko”, 1(33)/03.
- Heidrich Z., Stańko G.: *Ilość i jakość ścieków dopływających do miejskich oczyszczalni ścieków*, „Przegląd Komunalny” 7(142)/2003.
- Heidrich Z.: *Warunki jakim powinny odpowiadać ścieki oczyszczone oraz możliwości rolniczego wykorzystania ścieków*, „Przegląd Komunalny” 7(142)/2003.
- Hewitt P. G.: *Fizyka*, Warszawa, PWN, 2000.
- Hubbert M.K.: *Application of Hydrodynamics to Oil Exploration*. VII World Petroleum Congress Mexico, 1967.
- Hubbert M.K.: *Entrapment of Petroleum under Hydrodynamic Conditions* 1953.
- Hübner H.: *Ekologiczne biomonitorowanie człowieka*, (w.): A. Kurnatowska (red.): *Ekologia. Jej związki z różnymi dziedzinami wiedzy*, Warszawa, PWN, 2002.
- Hulpke H.: *Zrównoważony rozwój – wyzwaniem i szansą dla przemysłu i gospodarki*, „Aura” 11/2002.

- Jahn A.: *Grunty strukturalne*, „Wszechświat”, 3, Kraków 1965.
- Jastrzębska-Smolaga H.: *W kierunku trwałej konsumpcji*, Warszawa, PWN, 2000.
- Jendrośka J.: *Zintegrowane zapobieganie i kontrola zanieczyszczeń w UE*, „Prawo i Środowisko”, 1(29)02.
- Jeż J.: *Przyrodnicze aspekty bezpiecznego budownictwa*, Poznań, Wydawnictwo PP, 2001.
- Juda J., Chruściel S.: *Ochrona powietrza atmosferycznego*, Warszawa, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1974.
- Kabata-Pendias A., Pendias H.: *Biogeochemia pierwiastków śladowych*, Warszawa, PWN, 1999.
- Kac N.J.: *Bagna kuli ziemskiej*, Warszawa, PWN, 1975.
- Kadłubowski R.: *Parazytoza – choroba środowiskowa*, (w.): A. Kurnatowska (red.): *Ekologia. Jej związki z różnymi dziedzinami wiedzy*, Warszawa, PWN, 2002.
- Kajak Z.: *Eutrofizacja jezior*, Warszawa, PWN, 1979.
- Kaliski M.: *Korzyści z wdrażania systemu zarządzania środowiskowego*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wiertnictwo. Nafta. Gaz. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2001.
- Kamiński E.: *Mechanizacja nawożenia stałymi nawozami mineralnymi*, Warszawa, Wydawnictwo IBMER, 1987.
- Karaczun Z.M., Indeka L.G.: *Ochrona środowiska*, Warszawa, Wydawnictwo ARIES, 1999.
- Karnkowski P.: *Złoża gazu ziemnego i ropy naftowej w Polsce*, Tom 1 i 2 „Geos” Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 1993.
- Karski L.: *Odnawialne źródła energii w polskim systemie prawnym i w systemie prawnym Unii Europejskiej*, „Prawo i Środowisko”, 3(31)02.
- Kasprzak L.: *Ryzyko wystąpienia awarii przemysłowej*, Problemy Ocen Środowiskowych, 2003.
- Kassenberg A., Sobolewski M.: *Zmiany klimatu. Polityka i działania na rzecz ograniczenia emisji gazów szklarniowych w Unii Europejskiej i w Polsce*, Polski Klub Ekologiczny – Okręg Mazowiecki, Warszawa 2002.
- Kempa E.: *Gospodarka odpadami miejskimi*, Warszawa, PWN, 1983.
- Kędziora A.: *Podstawy agrometeorologii*, Poznań, PWRiL, 1995.
- Kleczkowski A.S.: *Ochrona wód podziemnych*, Warszawa, Wydawnictwo Geologiczne, 1984.
- Klimaszewski M.: *Geomorfologia*, Warszawa, PWN, 1978.
- Knothe S.: *Prognozowanie wpływów eksploatacji górniczej*, Katowice, Wydawnictwo ŚLĄSK, 1984.
- Kołodziej P.: *Uboczne artykuły uboju a bezpieczeństwo żywnościowe (cz.I)*, „Ekopartner” 6(140)2003.
- Kompała J., Mrukwa W., Świder J.: *Teoria a praktyka stosowania ekranów akustycznych. Prace naukowe GIG*, Górnictwo i Środowisko, Katowice 2002.
- Konecka-Betlej K., Czepińska-Kamińska D., Janowska E.: *Systematyka i kartografia gleb*, Warszawa, Wydawnictwo SGGW, 1996.

- Konstanty A.: *Statystyczna analiza czynników wpływających na zanieczyszczenie środowiska*, Inżynieria Środowiska, Kraków, Wydawnictwo AGH, 1996.
- Kordylewski W., Zacharczuk W., Kasprzyk K.: *Modyfikacja popiołu i żużla metodą wtryskiwania*, „Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów”, nr 3, maj–czerwiec 2003.
- Kornak A.S., Rapacz A.: *Zarządzanie turystyką i jej podmiotami w miejscowości i regionie*, Wrocław, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, 2001.
- Korzeniewski W.: *Odległości w zabudowie i zagospodarowaniu terenu*, Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa, Warszawa 1999.
- Kościelniak S.: *Zanieczyszczenia wód podziemnych produktami naftowymi w Polsce i możliwości ich oczyszczania*, III Ogólnopolskie Sympozjum „Aktualne problemy hydrogeologii”, Kraków–Karniowice, Wydawnictwo AGH, 1985.
- Kośmider J., Mazur-Chrzanowska B., Wyszyński B.: *Odory*, Warszawa, PWN, 2002.
- Koter M.: *Chemia rolna*, Warszawa, PWN, 1979.
- Koutny J.: *Źródła stałych i zmiennych pól elektrycznych i magnetycznych*, „Aura” 10/2002.
- Kowal A.L., Świdarska-Bróz M.: *Oczyszczanie wody*, Warszawa, PWN, 1998.
- Kowalczyk A.: *Wpływ rozpełzania podłoża górniczego na pionowe ściany zagłębione w gruncie*, Praca doktorska. GIG, Katowice 1978.
- Kowalczyk A.: *Zabezpieczenie budynków o sztywnej konstrukcji nośnej lokalizowanych na terenach zapadliskowych*, „Ochrona Terenów Górniczych”, 24, 1973.
- Kowalczyk Z.: *Określenie wpływów eksploatacji górniczej metodą przekrojów pionowych*, Katowice, Wydawnictwo ŚLĄSK, 1972.
- Kowalik P.: *Ochrona środowiska glebowego*, Warszawa, PWN, 2001.
- Kowalski Z., Gollinger M., Laszkiewicz G.: *Zapobieganie zanieczyszczeniu środowiska*, Doświadczenia amerykańskie. „Aura”, 11, 1995.
- Kozioł W., Kawalec P.: *Produkcja kruszyw z surowców odpadowych i ich zastosowanie w budownictwie komunalnym i inżynierskim*, Materiały Szkoły Gospodarki Odpadami, Kraków/Rytm 2002.
- Kozłowski S.: *Ekorozwój. Wyzwanie XXI wieku*, Warszawa, PWN, 2000.
- Kożuchowski K., Przybylak R.: *Efekt cieplarniany*, Warszawa, Wiedza Powszechna, 1995.
- Król H., Soczyńska U.: *Wpływ lasu na stosunki hydrologiczne małych zlewni strefy przy morskiej*, Warszawa, Wydawnictwo Geologiczne, 1989.
- Królikowski J.T., Rylke J.: *Spoleczno-kulturowe podstawy gospodarowania przestrzenią*, Warszawa, Wydawnictwo SGGW, 2001.
- Krzaklewski W.: *Rekultywacja obszarów pogórnich i przemysłowych (III)*, „Aura” 11/2001.
- Krzaklewski W.: *Rekultywacja obszarów pogórnich i przemysłowych (II)*, „Aura” 10/2001.
- Krzaklewski W.: *Rekultywacja obszarów pogórnich i przemysłowych (I)*, „Aura” 9/2001.
- Książkiewicz M., Samsonowicz J., Rühle E.: *Zarys geologii Polski*, Warszawa, Wydawnictwo Geologiczne, 1965.
- Książkiewicz M.: *Geologia dynamiczna*, Warszawa, Wydawnictwo Geologiczne, 1972.

- Kubicka M.: *Bioremediacja – metoda uzdrawiania środowiska*, „Aura” 6/2002.
- Kugiel M., Barczyk J., Bednorz L., Jureczko A.: *Likwidacja zalewisk bezodpływowych z wykorzystaniem materiału odpadowego na obszarze wpływów eksploatacji Rybnickiej Spółki Węglowej S.A.*, Materiały Szkoły Gospodarki Odpadami, Kraków/Rytno 2002.
- Kuliczkowski A., Lisowska J.: *Problemy infiltracji wód gruntowych do nieuszczelnionych przewodów kanalizacyjnych*, „Aura” 2/2002.
- Kundzewicz Z.W.: *Gdyby mała wody miarka... Zasoby wodne dla trwałego rozwoju*, Warszawa, PWN, 2000.
- Kunicki-Goldfinger W.J.H.: *Życie bakterii*, Warszawa, PWN, 2001.
- Kupczyk E.: *Opad na powierzchni ziemi*, (w.): U. Soczyńska (red.): *Hydrologia dynamiczna*, Warszawa, PWN, 1997.
- Kutera J.: *Wykorzystanie ścieków w rolnictwie*, Warszawa, PWRiL, 1994.
- Kwapuliński J., Sołtysiak G., Mirosławski J.: *Wykorzystanie współzależności między pierwiastkami do oceny zasięgu oddziaływania wybranych emitatorów zanieczyszczeń pyłowych*, „Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów”, 4/2002.
- Kwiatkiewicz J.: *Pionowe oddziaływanie między budowlą a podłożem górniczym poziomo rozluźnionych*, „Ochrona Terenów Górniczych”, 36, 1976.
- Kwiatkiewicz J.: *Wpływ poziomego rozluźnienia podłoża na budowlę*, „Ochrona Terenów Górniczych”, 35, 1976.
- Lampert W., Sommer U.: *Ekologia wód śródlądowych*, Warszawa, PWN, 2001.
- Ledwoń J.A.: *Budownictwo na terenach górniczych*, Warszawa, Wydawnictwo ARKADY, 1983.
- Ledwoń J.A.: *Podział terenów górniczych na kategorie wstrząsowe i deformacji lokalnych*, „Ochrona Terenów Górniczych”, 52, 1980.
- Lenczewska-Samotyja E., Łowkis A., Zdrojewska N.: *Zarys geologii z elementami geologii inżynierskiej i hydrogeologii*, Warszawa, Oficyna Wydawnicza PW, 2000.
- Leśkiewicz J.: *Skażenie gruntu i wód produktami ropopochodnymi*, „Aura”, 11, 1995.
- Levorsen A.J.: *Geologia ropy i gazu*, Warszawa, Wydawnictwo Geologiczne, 1973.
- Lewkiewicz-Małysa A., Rogowska-Kwas R.: *Metody badań oraz utylizacja odpadów przemysłowych zawierających związki chromu*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wiertnictwo. Nafta. Gaz. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2001.
- Lipowczan A.: *Podstawy normalizacji hałasu w środowisku*, „Aura” 9/2001.
- Lippard S.J., Berg J.M.: *Podstawy chemii bionieorganicznej*, Warszawa, PWN, 1998.
- Lityński T., Jurkowska H., Gorlach E.: *Analiza chemiczno-rolnicza*, Warszawa, PWN, 1976.
- Lwówcz M.I.: *Zasoby wodne świata*, Warszawa, PWN, 1979.
- Łaciak M., Nagy S.: *Model wg Allarda–Chena uwzględniający składową pionową dopływu wody podścielającej i okalającej złoża gazu ziemnego*. Materiały z V Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej. Wydział wiertniczo-Naftowy AGH. Kraków 17–19 wrzesień 1992 r.
- Łomotowski J., Szpindor A.: *Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków*, Warszawa, Wydawnictwo ARKADY, 1999.

- Lucki Z., Sas-Korczyńska S., Dudek J., Reinisch R., Dusza R., Filar B., Szwaś R., Wyżliński B., Paliński A., Cierniak M., Lorenc Z., Różański Z.: *Analiza geologiczno złożowa, hydrogeologiczna, eksploatacyjna, techniczna i ekonomiczna budowy i rozbudowy podziemnego magazynu gazu Husów – I (w horyzoncie XII)*, Kraków, PGNiG, 1993.
- Maciak F.: *Ochrona i rekultywacja środowiska*, Warszawa, Wydawnictwo SGGW, 1999.
- Mackenzie A., Ball A.S., Virdee S.R.: *Ekologia. Krótkie wykłady*, Warszawa, PWN, 2000.
- Macuda J.: *Monitoring wód podziemnych wokół składowisk odpadów toksycznych „AN” Zakładów Azotowych S.A. w Tarnowie*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wiertnictwo. Nafta. Gaz. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2001.
- Macuda J.: *Wpływ składowiska węgla elektrociepłowni EC II w Tarnowie na wody podziemne*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wiertnictwo. Nafta. Gaz. Uczelniane wydawnictwa naukowo-dydaktyczne, Kraków 2001.
- Magdziej A., Lach R.: *Analiza możliwości ograniczenia zasolenia Bierawki i Odry przez wody kopalniane*, Prace naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko, Katowice 2002.
- Majcherczyk T.: *Zarys fizyki skał i gruntów budowlanych*, Kraków, Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, 2000.
- Makles Z., wiatkowski A., Grybowska S.: *Niebezpieczne dioksyny*, Warszawa, Wydawnictwo ARKADY, 2001.
- Malinowski A.: *Podstawy ewolucyjne ekologii człowieka*, (w.): A. Kurnatowska (red.): *Ekologia. Jej związki z różnymi dziedzinami wiedzy*. Warszawa, PWN, 2002.
- Mannion A.M.: *Zmiany środowiska Ziemi. Historia środowiska przyrodniczego i kulturowego*, Warszawa, PWN, 2001.
- Maranda A., Włodarczyk E.: *Materiały wybuchowe emulsyjne (MWE)*, „Przegląd Górniczy”, 6, 1985.
- Maranda A.: *Utylizacja materiałów wybuchowych pozyskiwanych z wycofanej amunicji*, „Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów”, 2/2002.
- Mazurkiewicz M., Piotrowski Z., Tajduś A.: *Lokowanie odpadów w kopalniach podziemnych (część I)*, Kraków, BSEP, 1997.
- Mazurski K.R.: *Nasilenie antropopresji na obszarach zagrożenia ekologicznego w Polsce*, „Przegląd Geograficzny”, 67, 1995.
- Mengel K., Kirkby E.A.: *Podstawy żywienia roślin*, Warszawa, PWRiL, 1983.
- Mercik S., Moskal S., Stępień W.: *Emisja do atmosfery podtlenku azotu (N_2O) z użytków rolnych w Polsce w aspekcie efektu cieplarnianego*, „Rocznik Gleb”. 44, 1995.
- Michalak Z., Sikorska-Maykowska M., Kazimierski B.: *Obniżenie poziomu wód gruntowych tarasu przyczyną degradacji środowiska ekologicznego Kampinoskiego Parku Narodowego*, „Gospodarka Wodna”, 6, 1982.
- Michna W.: *Proekologiczne zorientowanie polityki rolnej w Polsce na przełomie XX i XXI wieku*, Warszawa Wydawnictwo IERiGŻ, 1993.
- Mieszkowska K.: *Prognozy oddziaływania na środowisko projektów miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego – refleksje, praktyka*, Problemy Ocen Środowiskowych, 2003.
- Mikulski Z.: *Gospodarka wodna*, Warszawa, PWN, 1998.

- Misiołek W.: *Rośliny kosmopolityczne*, „Aura” 12/2001.
- Mizera A.: *Woda do picia i na potrzeby gospodarce*, „Aura” 2/2002.
- Molenda J.: *Gaz ziemny. Paliwo i surowiec*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1996.
- Monitoring hałasu*, „Aura” 10/2002 na podstawie badań PIOŚ.
- Musierowicz A.: *Gleboznawstwo ogólne*, Warszawa, PWRiL, 1956.
- Musierowicz A.: *Gleboznawstwo szczegółowe*, Warszawa, PWRiL, 1958.
- Myśków W.: *Rolnicze znaczenie próchnicy oraz sposoby regulowania jej ilości w glebie*, Puławy, Wyd. IUNG, z.34, 1984.
- Nowakowski W., Zakrzewska M.: *Gleby wokół Zakładów Rafineryjnych i Petrochemicznych w Płocku*, „Aura”, 11, 1995.
- Nowakowski W.: *Rola krzemu w detoksykacji metali ciężkich*, „Aura” 12/2001.
- O’Nell P.: *Chemia środowiska*, Warszawa, PWN, 1997.
- Odum E.: *Podstawy ekologii*, Warszawa, PWRiL, 1977.
- Okrański K.: *Remediacja gruntu skażonego produktami ropopochodnymi*, Środowisko, 15 listopada 2002.
- Oleszkiewicz A.: *Ekzarządzanie terenem przemysłowym*, „Ekopartner” 5(139)2003.
- Olkowicz-Paprocka I., Podstolski R., Tolkanowicz E.: *Torfy w Polsce – występowanie, eksploatacja i zastosowanie*, „Przegląd Geologiczny”, 42, 1994.
- Ostrega A.: *Zagospodarowanie kamieniołomu Libana*, „Aura” 5/2002.
- Ostrowski J. (kier.): *Ochrona środowiska na terenach górniczych*, Kraków, Wydawnictwo IGSMiE PAN, 2001.
- Ostrowski S.: *Melioracje rolne w lasach*, „Gospodarka Wodna”, 4, 1966.
- Paczyński B., Mitrega J.: *Zagrożenie wód podziemnych na terenach wojskowych*, „Przegląd Geologiczny”, 44, 1996.
- Paczyński B., Płochniewski Z.: *Wody mineralne i lecznicze Polski*, Warszawa, PIG, 1996.
- Pajek M.: *Skąd wiemy, że klimat się zmienia*, „Aura” 8/2002.
- Pałuch D.: *Wpływ składowisk odpadów metalurgicznych na środowisko*, Materiały Szkoły Gospodarki Odpadami, Kraków/Rytro 2002.
- Panek E., Wąchalewski T.: *Zagrożenie środowiska glebowego spowodowane akumulacją metali ciężkich pochodzących z fabryki nawozów azotowych*, Inżynieria Środowiska, Kraków, PIG, 1996.
- Pawlak J., Roś J.: *Urabianie skał twardych i zwięzłych palnikami termicznymi*, „Cement–Wapno–Gips”, 7, 1984.
- Penczak T.: *Bioenergetyka ekologiczna: zastosowania w limnologii*, (w.): A. Kurnatowska (red.): *Ekologia. Jej związki z różnymi dziedzinami wiedzy*, Warszawa, PWN, 2002.
- Perelman A.J.: *Geochemia krajobrazu*, Warszawa, PWN, 1971.
- Pielichowski J.: *Recykling tworzyw sztucznych*, „Technika Naftowa i Gazownicza”, 2/96.
- Pietrucień Cz.: *Zmiany hydrologiczne i przestrzenne obszarów podmokłych*.
- Pietrygowa Z.: *Hydrologiczna rola lasów w Karpatach fliszowych w świetle warunków prześlania wody opadowej przez strefę aeracji*, „Gospodarka Wodna”, 7, 1971.

- Pilecka E.: *Przywracanie wartości użytkowych terenom górniczym. Śląskie hałdy – możliwości czy kłopot?* „Aura” 12/2002.
- Piwniak G., Dudła N.A., Zięba A., Ziaja M.: *Zarys inżynierii wiertniczej*, Kraków, Wydawnictwo AGH, 1990.
- Praca zbiorowa. *Poradnik górnika naftowego*, Katowice, Wydawnictwo „Śląsk”, 1969.
- Preisner L.: *Przeglądy środowiska jako instrumenty ekologizacji działalności gospodarczej*. Rozprawy. Monografie, Kraków, Wydawnictwo AGH, 2000.
- Pruszyński J.: *Ochrona zabytków w Polsce*, Warszawa, PWN, 1989.
- Pyta H., Klejnowski K.: *Porównanie sposobu normowania stężenia zanieczyszczeń powietrza w przepisach krajowych i dyrektywach UE*, „Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów”, 4/2002.
- Racinowski R.: *Charakterystyka mineralno-petrograficzna naturalnego kruszywa pochodzenia lodowcowego*, Konferencja Naukowo-Techniczna: Rozwój produkcji i zastosowanie kruszyw lekkich w budownictwie oraz wykorzystanie piasków naturalnych do betonów zwykłych. Szczecin 1974.
- Radecki W.: *Masy ziemne i skalne*, „Aura” 2/2001.
- Radecki W.: *Ochrona terenów nadwodnych*, „Aura” 12/2002.
- Radecki W.: *Odwadnianie zakładów górniczych*, „Aura” 10/2002.
- Radecki W.: *Plany ochrony parków krajobrazowych*, „Aura” 9/2001.
- Radecki W.: *Usuwanie a niszczenie drzew*, „Aura” 4/2002.
- Radecki W.: *Usuwanie drzew i krzewów z nieruchomości będących przedmiotem własności*, „Aura” 6/2002.
- Radecki W.: *Uzgadnianie i opiniowanie inwestycji mogących znacząco oddziaływać na środowisko*, „Aura” 12/2001.
- Radecki W.: *Warunkowe zezwolenie na usunięcie drzew i krzewów*, „Aura” 3/2001.
- Radecki-Pawlik A.: *Pobór żwiru i otoczków z dna potoków górskich*, „Aura” 2/2002.
- Rezunienko W.I., Majchel G., Moczerniuk N.P. Weil W.: *Geologiczne i technologiczne przesłanki utworzenia i budowy sieci PMG wzdłuż rurociągu tranzytowego Jamal–Europa Zachodnia*, „Magazyn polski Gaz i Nafta” 11/12, 1995.
- Richling A., Solon J.: *Ekologia krajobrazu*, Warszawa, PWN, 2002.
- Rogała M.: *Najlepsze dostępne technologie – BAT*, „Ekopartner” 4(138) 2003.
- Rosik-Dulewska Cz.: *Oddziaływanie osadów ściekowych na środowisko przy ich nieprzemysłowym wykorzystaniu*. Materiały Szkoły Gospodarki Odpadami, Kraków/Rybro 2002.
- Różańska Z.: *Zasoby, zanieczyszczenia i ochrona wód morskich ze szczególnym uwzględnieniem Bałtyku*, Warszawa, PWN, 1987.
- Różański L.: *Przemiany pestycydów w organizmach żywych i środowisku*, Warszawa, PWRiL, 1992.
- Rule J.H.: *Topics in Environmental Science – Problemy nauki o ochronie środowiska*, Lublin, Wydawnictwo UMCS, 1994.
- Runowski H.: *Ograniczenia i szanse rolnictwa ekologicznego*, Warszawa, Wydawnictwo SGGW, 1996.

- Rychlicki S., Twardowski K., Kwarciański J., Karwasiecka M.: *Analiza zmian zawartości metanu w węglach kamiennych górnośląskiego zagłębia węglowego*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wydział Wiertniczo-Naftowy. VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Kraków, 22–23 czerwca 1995.
- Rychlicki S., Twardowski K.: *Metan pokładów węgla w Polsce na tle międzynarodowych doświadczeń*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wiertnictwo. Nafta. Gaz. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2001.
- Ryncarz T.: *Zarys fizyki górotworu*, Katowice, Śląskie Wydawnictwo Techniczne, 1993.
- Ryszkowski L., Kędziora A.: *Mała retencja wody w krajobrazie rolniczym*, „Gospodarka Wodna”, 1997.
- Rywotycki R.: *Mikotoksyny i ich wpływ na zdrowie*, „Aura” 10/2001.
- Rywotycki R.: *Minimalizacja odpadów i ścieków oraz zużycia wody w przetwórstwie mięsnym*, „Aura” 4/2001.
- Rywotycki R.: *Ocena opakowań żywności, a obciążenia środowiskowe*, „Aura” 6/2001.
- Rywotycki R.: *Zagrożenie zdrowia spożyciem żywności pochodzenia zwierzęcego skażonej dioksynami*. „Aura” 3/2001.
- Sadowienko J.A., Pasecznyj W.G., Dudła N.A.: *Sterowanie dynamiką zawiesiny w osadnikach gromadzących wody kopalniane*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wydział Wiertniczo-Naftowy. VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Kraków, 22–23 czerwca 1995.
- Sadowski J.: *Klimat akustyczny środowiska*, „Aura” 9/2001.
- Siemek J., Nagy S., Rybicki Cz., Stopa J.: *Wariantowa symulacja komputerowa eksploatacji PMG „Husów”*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wydział Wiertniczo-Naftowy. VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Kraków, 22–23 czerwca 1995.
- Siemiński M.: *Środowiskowe zagrożenia zdrowia*, Warszawa, PWN, 2001.
- Simmons I.G.: *Ekologia zasobów naturalnych*, Warszawa, PWN, 1979.
- Singleton P.: *Bakterie w biologii, biotechnologii i medycynie*, Warszawa, PWN, 2000.
- Siuta J.: *Przyrodnicze zagospodarowanie osadów ściekowych*, Warszawa, PWN, 1988.
- Skiba S.: *Rola klimatu i roślinności w genezie gleb na przykładzie gleb górskich z Tatr Polskich i z gór Mongolii*, Zesz. Nauk. AR, Kraków 1985.
- Skrzypski J.: *Hydrosfera – źródła i rodzaje zanieczyszczeń, sposoby jej ochrony*, (w.): A. Kurnatowska (red.): *Ekologia. Jej związki z różnymi dziedzinami wiedzy*, Warszawa, PWN, 2002.
- Skrzypski J.: *Litosfera – źródła i rodzaje zanieczyszczeń, sposoby jej ochrony*, (w.): A. Kurnatowska (red.): *Ekologia. Jej związki z różnymi dziedzinami wiedzy*, Warszawa, PWN, 2002.
- Słupczyński K.: *Warunki występowania gazu ziemnego w utworach dolnego permu monokliny przedsudeckiej*, PAN – oddział w Krakowie, 1979.
- Soczyńska U. (red.): *Hydrologia dynamiczna*, Warszawa, PWN, 1997.
- Sołtysiak U.: *Rolnictwo ekologiczne – historyczny przegląd metod*, Warszawa, Stowarzyszenie EKOLAND i Stiftung Leben & Umwelt, 1993.

- Sozański J.: *Zrównoważony rozwój a ochrona środowiska we Wspólnotach europejskich*, „Aura” 2i3/2003.
- Stankiewicz H.: *Zabezpieczenie budowli przed wilgocią, wodą gruntową i korozją*, Warszawa, Wydawnictwo ARKADY, 1984.
- Staszewski R.: *Zanieczyszczenie powietrza i meteorologia*, Kraków, Wydawnictwo AGH, 1999.
- Stochlak J.: *Programy zrównoważonego rozwoju oraz ochrony środowiska*, „Aura”, 7, 2000.
- Stopa J., Rychlicki S., Wojnarowski P.: *Analiza wpływu eksploatacji na ekshalacje gazu ze złóż*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wiertnictwo. Nafta. Gaz. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2001.
- Strauch E.: *Meteorologia a środowisko*, Warszawa, PWN, 1975.
- Struciński P., Ludwicki J.K., Góralczyk K., Czaja K., Hernik A.: *Środowiskowe narażenie na polichlorowane bifenyle (2). Wybrane aspekty zdrowotne*, „Aura” 6/2002.
- Struciński P., Ludwicki J.K., Góralczyk K., Czaja K., Hernik A.: *Środowiskowe narażenie na polichlorowane bifenyle. Wybrane aspekty zdrowotne*, „Aura” 5/2002.
- Strzyzek S., Gonet A.: *Solankowe zaczyny popielowo-cementowe*. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wiertnictwo. Nafta. Gaz. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2001.
- Stryer L.: *Biochemia*, Warszawa, PWN, 1999.
- Strzemiński M., Siuta J., Witek T i in.: *Przydatność rolnicza gleb Polski*, Warszawa, PWRiL, 1973.
- Swerpel S.: *Świat niewidzialnych drobin*, „Wiedza i Życie”, 10, 1998.
- Szafran S.: *Zastosowanie metod geochemii izotopowej do identyfikacji niekontrolowanych wpływów z podziemnych magazynów gazu*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wydział Wiertniczo-Naftowy. VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Kraków, 22–23 czerwca 1995.
- Szczepańska-Sadowska E.: *Płyny ustrojowe, limfa, krew*, Encyklopedia Zdrowia. Warszawa, PWN, 1995.
- Szoego H.M.: *Zarys problemów ekonomiki środowiska*, Warszawa, Wydawnictwo SGGW, 2000.
- Szostak L.: *Dowiercanie i udostępnianie złóż ropy i gazu*, Warszawa, Wydawnictwo Geologiczne, 1971.
- Szustakiewicz P.: *Przepisy karne ustawy o odpadach*, „Prawo i Środowisko”, 3(31)02.
- Śleziak C.: *Środowisko i społeczeństwo województwa śląskiego w przededniu akcesji do Unii Europejskiej*, „Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów”, nr 3, maj–czerwiec 2003.
- Tałataj I.: *Gospodarka odpadami. Monitoring składowisk odpadów – regulacje polskie i unijne*. „Przegląd Komunalny” 7(142)/2003.
- Tałataj I.A.: *Monitoring wód gruntowych wokół składowisk odpadów komunalnych w świetle przepisów polskich oraz Unii Europejskiej*, „Prawo i Środowisko” 1(33)03.
- Targońska M.: *Melioracje wodne*, „Prawo i Środowisko”, 2(30)02.
- Tarwid K.: *Ekologia wód śródlądowych*, Warszawa, PWN, 1988.

- Traple J.: *Badania naturalnej promieniotwórczości skał płonnych karbonu produktywnego GZW*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wydział Wiertniczo-Naftowy. VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Kraków, 22–23 czerwca 1995.
- Turski R., Baran S.: *Ochrona i rekultywacja gleb*, Lublin, Wydawnictwo AR, 1994.
- Ugla H., Ugla Z.: *Gleboznawstwo leśne*, Warszawa, PWRiL, 1979.
- Ugla H.: *Gleboznawstwo rolnicze*, Warszawa, PWN, 1983.
- Wagner-Staszewska T.: *System ropy naftowej w Polsce jako zbiór źródeł emisji metanu i innych węglowodorów*, Inżynieria Środowiska, Kraków, Wydawnictwo AGH, 1996.
- Walczak M.: *Obszary chronione w Polsce*, Warszawa, IOŚ, 1993.
- Walker C.H., Hopkin S.P., Sibly R.M., Peakall D.B.: *Podstawy toksykologii*, Warszawa, PWN, 2002.
- Walny M.: *Gospodarka odpadami. Niedoceniany problem*, „Przegląd Komunalny” 7(142)/2003.
- Walter Z.: *Działanie insektycydów fosforoorganicznych na strukturę genomu i mechanizm przekazywania informacji genetycznej*, (w.): A. Kurnatowska (red.): *Ekologia. Jej związki z różnymi dziedzinami wiedzy*, Warszawa, PWN, 2002.
- Walton D.L.: *Współczesne metody inżynierii złożowej*, Boston, IHRDC, 1990.
- Wesołowski A.: *Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii*, „Aura” 8/2002.
- Wiąckowski S.: *Ekologia ogólna*, Bydgoszcz, Oficyna Wydawnicza BRANTA, 1998.
- Wierzchowska Z.: *Prędkość fal sejsmicznych na Górnym Śląsku*, Dokumentacja GIG – 1966.
- Wilk Z., Adamczyk A.F., Nałęcki T.: *Wpływ działalności górnictwa na środowisko wodne w Polsce*, Warszawa, Wydawnictwo SGGW-AR, 1990.
- Wiśniewski J.: *Nowe prawo wodne: Aspekty ekologiczne oraz zarządzanie i finansowanie gospodarki wodnej*, „Gospodarka Wodna”, 5, 1998.
- Wiśniewski R.: *Metodyka określania modelu reologicznego cieczy wiertniczej*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wiertnictwo. Nafta. Gaz. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2001.
- Witek T.: *Przyrodnicza bonitacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej w Polsce*, Warszawa, Wydawnictwo Geologiczne, 1977.
- Władyka-Bergier A., Stryczek S.: *Immobilizacja dyspergatorów organicznych w zsolidyfikowanej strukturze odpadów wiertniczych*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wiertnictwo. Nafta. Gaz. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2001.
- Wojciechowski I.: *Ekologiczne podstawy kształtowania środowiska*, Warszawa, PWN, 1987.
- Wojtasiewicz R.: *Podziemny kawernowy magazyn gazu „Mogilno” cz. I*, „Technika Naftowa i Gazownicza” Nr 4(19), 1993.
- Woś A.: *Ekonomia odnawialnych zasobów naturalnych*, Warszawa, PWN, 1995.
- Woyciechowska J., Dojlido J.: *Zmiany jakości wód powierzchniowych pod wpływem zabudowy hydrotechnicznej*, „Gospodarka Wodna”, 5, 1982.
- Wójcik J.: *Gospodarka odpadami w walbrzyskich kopalniach węgla kamiennego*, „Aura”, 11, 1995.

- Wójcik M., Knez D.: *Stabilizacja górotworu metodą iniekcji wysokociśnieniowej z hydraulicznym urabianiem skał górotworu*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wydział Wiertniczo-Naftowy. VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Kraków, 22–23 czerwca 1995.
- Współpraca międzynarodowa w ochronie środowiska*, MOŚZNiL, „Aura”, 7, 1997.
- Wysocka B.: *Nowe przepisy dotyczące zintegrowanego zapobiegania i kontroli zanieczyszczeń*, „Prawo i Środowisko”, 3(31)02.
- Wysocka B.: *Zadania starosty w świetle przepisów ustawy prawo ochrony środowiska*, „Prawo i Środowisko”, 3(31)02.
- Wysocka M.: *Gospodarka odpadami paleniskowymi w Elektrowni Jaworzno III*, „Aura” 4/2001.
- Yi-Fu Tuan: *Przestrzeń i miejsce*, Warszawa, PIW, 1985.
- Zakrzewski S.F.: *Podstawy toksykologii środowiska*, Warszawa, PWN, 2000.
- Zalewski M. (w.): *Biotechnologie ekosystemowe jako nowe metody w kreatywnej ochronie środowiska*, A. Kurnatowska (red.): *Ekologia. Jej związki z różnymi dziedzinami wiedzy*, Warszawa, PWN, 2002.
- Zamojcin J., Piesik W.: *Cykliczna eksploatacja magazynu gazu w warstwie zawadnionej i określające ją wskaźniki*, „Technika Naftowa i Gazownicza” Nr 1(35), 1997.
- Zarzycki R.: *Arosfera – źródła i rodzaje zanieczyszczeń, sposoby jej ochrony*, (w.) A. Kurnatowska (red.): *Ekologia. Jej związki z różnymi dziedzinami wiedzy*, Warszawa, PWN, 2002.
- Zawisza L., Nagy S.: *Zastosowanie metod hydrodynamicznych do wyznaczania konturów gaz-woda oraz kierunków przemieszczania się gazu w PMG Swarzędz*, Materiały VII Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej. Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH. Kraków 20–21 czerwca 1997.
- Zawisza L., Wojna-Dyła E.: *Hydrodynamiczne modelowanie basenów osadowych na przykładzie basenów naftowych Polski*, Materiały VII Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej. Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH. Kraków 20–21 czerwca 1997.
- Zglinicka A.: *Toksyczność kadmu i ołowiu*, „Aura” 2/2002.
- Zięba A., Staško D., Dudla M.: *Charakterystyka zanieczyszczeń atmosfery substancjami z procesu spalania paliw kopalnych*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Wiertnictwo. Nafta. Gaz. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2001.
- Ziętara W.: *Charakterystyka gospodarstw ekologicznych w Republice Federalnej Niemiec. Ekonomia i Środowisko*, Rocznik Stowarzyszenia Ekonomistów Środowiska i Zasobów Naturalnych”, Tom I, z. 2, Białystok 1992.
- Ziętara W.: *Rolnictwo ekologiczne w Republice Federalnej Niemiec. Ekonomia i Środowisko*, „Rocznik Stowarzyszenia Ekonomistów Środowiska i Zasobów Naturalnych”, Tom I, z. 1, Białystok 1992.
- Zimny H.: *Renaturalizacja i fitomelioracja*, „Problemy Ekologii”, 6/2002.
- Zin W.: *Przyszłość krajobrazu kulturowego*, „Aura” 2/2001.
- Znanecki F.: *Nauki o kulturze*. Warszawa, PWN, 1992.

Żarczyński A.: *Nadzwyczajne zagrożenia środowiska w Polsce*, „Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów”, 5/2002.

Podstawa prawna (z późniejszymi zmianami):

Konwencja o Ochronie Praw Człowieka i Podstawowych Wolności (Dz.U. z 1993 r., nr 61, poz. 284).

Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej (Dz.U. z 1997 r., nr 78, poz. 483).

Międzynarodowy Pakt Praw Obywatelskich i Politycznych (Dz.U. z 1997 r. nr 38, poz. 167).

Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie sposobów bezpiecznego użytkowania oraz warunków usuwania wyrobów zawierających azbest (Dz.U. z 1998 r., nr 138, poz. 895).

Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa w sprawie dopuszczalnych wartości stężeń substancji zanieczyszczających w powietrzu (Dz.U. z 1998 r., nr 55, poz. 355).

Rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie szczegółowych zasad ochrony powierzchni ziemi (Dz.U. z 1987 r., Nr 4, poz. 23).

Ustawa o lasach (Dz.U. z 1991 r., nr 101, poz. 444).

Ustawa o ochronie przyrody (Dz. U. z 1991 r., nr 114, poz. 492).

Ustawa o odpadach (Dz.U. z 2001, Nr 62, poz. 628).

Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. z 2003 r., nr 80, poz. 717).

Ustawa o postępowaniu z substancjami zubożającymi warstwę ozonową (Dz.U. z 2001 r., Nr 52, poz. 537).

Ustawa o rolnictwie ekologicznym (Dz.U. z 2001 r., nr 38, poz. 452).

Ustawa o umowach międzynarodowych (Dz.U. z 2000 r., nr 39, poz. 443).

Ustawa o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz.U. z 1996 r., nr 132, poz. 622).

Ustawa *Prawo atomowe* (Dz.U. z 2001 r., nr 3, poz. 18).

Ustawa *Prawo budowlane* (Dz.U. z 1994 r., nr 89, poz.414).

Ustawa *Prawo geologiczne i górnicze* (Dz.U. z 1994 r., nr 27, poz. 96).

Ustawa *Prawo ochrony środowiska* (Dz.U. z 2001 r., nr 62, poz. 627).

Ustawa *Prawo wodne* (Dz.U. z 2001 r., nr 115, poz. 1229).