OGÓLNY SPIS TREŚCI

Część I – Materiały, procesy i zasady

ROZDZIAŁ 1
Ziemia jako system 1

ROZDZIAŁ 2
Minerały skałotwórcze i skały 27

ROZDZIAŁ 3
Zróżnicowanie form życia 51

ROZDZIAŁ 4
Środowiska i życie 81

ROZDZIAŁ 5
Środowiska osadowe 107

ROZDZIAŁ 6
Korelacja i datowanie zapisów skalnych 135

ROZDZIAŁ 7
Ewolucja i zapis kopalny 163

ROZDZIAŁ 8
Teoria tektoniki płyt 191

ROZDZIAŁ 9
Tektonika kontynentów i łańcuchy górskie 213

ROZDZIAŁ 10
Główne cykle geochemiczne 235

Część II – Historia Ziemi

ROZDZIAŁ 11
Eony prekambryjskie: hadeik i archaik 263

ROZDZIAŁ 12
Eon proterozoiczny prekambru 289

ROZDZIAŁ 13
Wczesna era paleozoiczna 317

ROZDZIAŁ 14
Świat środkowego paleozoiku 347

ROZDZIAŁ 15
Świat późnego paleozoiku 375

ROZDZIAŁ 16
Wczesny mezozozoik 409

ROZDZIAŁ 17
Świat w okresie kredowym 443

ROZDZIAŁ 18
Świat w paleogenie 473

ROZDZIAŁ 19
Świat późnego kenozoiku przed holocenem 501

ROZDZIAŁ 20
Regresja lodowców i holocen 547

SPIS TREŚCI

Wstęp do wydania polskiego xvii
O autorach xviii
Przedmowa xix
Podziękowania xxiv

Część I – Materiały, procesy i zasady

ROZDZIAŁ 1

Ziemia jako system 1

Badania systemu Ziemi 2
Unikatowość Ziemi 2
Współzależność składników systemu Ziemi 2
Wrażliwość i nietrwałość aspektów systemu Ziemi 3

Zasada aktualizmu 3
Zasada aktualizmu jako podstawa badań geologicznych 3
Eliminacja koncepcji katastroficznych przez zasadę aktualizmu w XIX wieku 4

Natura i pochodzenie skał 5
Wzajemne przeobrażenia skał magmowych, osadowych i metamorficznych 6
Jednostki formalnej klasyfikacji formacji skalnych 9
Trzy zasady Steno dotyczące skał osadowych 9
Powiązanie wszystkich rodzajów skał w cyklu skalnym 10

Globalne datowanie formacji skalnych 11
Skamieniałości i inne fizyczne wskaźniki względnego wieku skał 11
Określanie bezwzględnego wieku skał metodami radiometrycznymi 12
Podział historii Ziemi na jednostki formalne w skali czasu geologicznego 12
Rozróżnialność przedziałów skali czasu geologicznego 13

Obraz Ziemi pod jej powierzchnią 13
Wzrost gęstości Ziemi wraz z głębokością 14
Unoszenie się i ruchy kruchych stałych płyt litosfery na półpłynnej astenosferze 15

Tektonika płyt 15
Podział płyt w miejscach ich powstawania, subdukcje i zagłębienia 15
Ciepło z rozpadu radioaktywnego jako napęd dynamiki płyt tektonicznych 17
Wznoszenie się pióropuszy magmowych do skorupy Ziemi z głębin jej płaszcza 18
Rola tektoniki płyt w cyklu skalnym 18

Cykl wodny 18
Przemieszczanie się wody między jej rezerwuarami 19
Ścisłe powiązanie cyklu wodnego z cyklem skalnym 20

Ukierunkowane zmiany w historii Ziemi 20
Radykalne i nieodwracalne ewolucyjne przekształcenia form życia 20
Zmiany fizycznych i chemicznych cech Ziemi 21
Związki zmian form życia i środowisk 21

Epizodyczne zmiany w historii Ziemi 22
Nieciągłości w procesach sedymentacji 22
Powstawanie skał osadowych w trybie katastroficznym 22
Niezgodności zalegania warstw jako reprezentacje nieciągłości formacji skalnych 22
Epizodyczne zmiany życia na Ziemi 24

Podsumowanie rozdziału 24
Pytania przeglądowe i polecenia 25

ROZDZIAŁ 2

Minerały skałotwórcze i skały 27

Struktura minerałów 30
Pierwiastki jako substancje złożone z jednakowych i unikalnych atomów 30
Izotopy pierwiastków i ich względne masy atomowe 30
Rola reakcji chemicznych w powstawaniu minerałów 31
Wiązania chemiczne jako wynik chemicznych reakcji 31
Trójwymiarowe struktury molekularne kryształów 32
Zastępowanie jonów pierwiastków przez jony pierwiastków podobnych 34

Właściwości minerałów 34
Zależność twardości minerałów od wiązań chemicznych 34

Zależność gęstości minerałów od mas atomowych i upakowania atomów 36
Odzwierciedlenie struktur krystalicznych w rodzajach spękań 36
Wpływ warunków fizykochemicznych formowania się minerałów i skał na ich struktury 36
Kilka grup minerałów tworzących większość skał 36
Typy skał 38
Skały magmowe jako rezultat krzepnięcia form płynnych 38
Powstawanie skał osadowych z cząstek zawieszonych w wodzie lub powietrzu 40
Skały metamorficzne jako transformacje innych skał w warunkach wysokiego ciśnienia i temperatury 48
Podsumowanie rozdziału 50
Pytania przeglądowe i polecenia 50

ROZDZIAŁ 3

Zróżnicowanie form życia 51

Skamieniałości i chemiczne pozostałości dawnych form życia 54
Twarde części zwierząt jako najczęściej zachowane ich ślady 54
Nietrwałość tkanek miękkich organizmów kopalnych 54
Skamieniałe drewno jako rezultat mineralizacji 55
Odciski w formie ośródek zewnętrznych i wewnętrznych 55
Skamieniałe ślady zwierząt jako zapis ich ruchu 56
Zróżnicowana jakość skamieniałości 56
Biomarkery jako użyteczne chemiczne wskaźniki form życia 56
Martwe organizmy w procesach rozkładu jako paliwo skamieniałości 57
Grupy taksonomiczne 57
Identyfikacja kladów i ich pokrewieństwa 59
Archeony i bakterie: dwie domeny prokariotów 63
Tolerancja archeonów wobec nieprzyjaznych środowisk 63
Niektóre typy bakterii: rozkładające, fotosyntetyzujące, patogenne i zanieczyszczające 64
Protisty: parafiletyczna grupa eukariotów 65
Zielenice i rośliny lądowe 66
Ewolucyjne pierwszeństwo naczyniowych roślin zarodnikowych 68
Ekspansja roślin nasiennych na lądach 69
Opisthokonta: grzyby i zwierzęta 69
Grzyby jako destruenty 70
Zwierzęta jako wielokomórkowe organizmy konsumujące 70
Gąbki jako proste bezkręgowce 71
Przynależność koralowców do parzydełkowców 71
Przynależność wielu zwierząt bezszkieletowych do lofotrochorowców 72
Zewnętrzne szkielety wylinkowców 74
Bezkręgowce i kręgowce jako wtórnogębowce 75
Podsumowanie rozdziału 79
Pytania przeglądowe i polecenia 80

ROZDZIAŁ 4

Środowiska i życie 81

Zasady ekologii 85
Nisza gatunku jako jego umiejscowienie w środowisku 85
Ekosystem jako zbiorowisko organizmów wraz ze środowiskiem ich życia 85
Biogeografia jako nauka badająca rozmieszczenie organizmów 87
Atmosfera 88
Główne składniki atmosfery: azot, tlen i dwutlenek węgla 88
Wpływ różnic temperatury i rotacji Ziemi na cyrkulację powietrza 88
Ekosystem lądowy 90
Typy wegetacji odpowiadające strefom klimatycznym 90
Zależność klimatów od wysokości 94
Wpływ czynników lądowych i wodnych na sezonowe zmiany temperatury 95
Odbicie przeszłych warunków klimatycznych w skamieniałościach roślinnych 96
Ekosystem morski 97
Powierzchniowe prądy oceaniczne napędzane przez wiatry 97
Zmiany form życia morskiego wraz z głębokością 99
Organizmy morskie pływające, unoszące się w wodzie i żyjące na dnie 101
Wpływ temperatury wody na zróżnicowanie biogeograficzne 103
Zasolenie jako ważny czynnik w obszarach przybrzeżnych 104

Środowiska słodkowodne 105
Podsumowanie rozdziału 105
Pytania przeglądowe i polecenia 106

ROZDZIAŁ 5

Środowiska osadowe 107

Środowiska lądowe 110
Historyczne gleby jako wskaźnik warunków klimatycznych w przeszłości 110
Słodkowodne jeziora i lodowce jako wizytówki przeszłych klimatów 112
Gromadzenie się soli i piasku na pustyniach i w jałowych basenach 114
Osady nanoszone przez rozgałęzione i meandrujące rzeki w regionach wilgotnych 116
Środowiska przybrzeżne i otwarte szelfy 119
Delty powstające przy ujściach rzek do mórz 119
Laguny położone za piaszczystymi wyspami barierowymi 121
Tempestyty powstające na otwartych szelfach 122
Skamieniałości jako wskaźniki środowisk morskich 123
Rafy organiczne jako formy skał węglanowych 124
Platformy węglanowe powstające w ciepłych morzach 126
Środowiska głębokomorskie 129
Prądy zawiesinowe opadające przy podmorskich zboczach 129
Drobnoziarniste, powoli gromadzące się osady eupelagiczne 131
Podsumowanie rozdziału 132
Pytania przeglądowe i polecenia 132

ROZDZIAŁ 6

Korelacja i datowanie zapisów skalnych 135

Skala czasu geologicznego 138
Sukcesja skamieniałości jako miara względnego wieku skał 138
Systemy geologiczne utworzone w XIX wieku 138
Jednostki stratygraficzne 140
Podział formacji skalnych w jednostkach czasowo-skalnych oraz czasu geologicznego w jednostkach czasu 140
Jednostki biostratygraficzne oparte na występowaniu skamieniałości 140
Identyfikacja biegunowości jednostek czasowo-skalnych metodą stratygrafii magnetycznej 142
Definiowanie jednostek skalnych na podstawie litologii, a nie wieku skał 143
Bezwzględny wiek Ziemi 146
Niedoszacowanie wieku Ziemi w początkach geologii 146
Ocena bezwzględnego wieku skał z użyciem pierwiastków radioaktywnych 147
Przewaga korelacji na podstawie skamieniałości nad datowaniem radiometrycznym 151
Zmiany stabilnych izotopów jako podstawa korelacji globalnej 152
Stratygrafia zdarzeniowa 153
Korelacja na wielkich obszarach oparta na skałach przewodnich 153
Linia czasu dla korelacji oparta na dwukierunkowych przesunięciach granic facji 155
Wykrywanie niezgodności zalegania warstw metodami stratygrafii sejsmicznej 155
Sekwencje jako zapisy zmian poziomu morza 157
Zegar geologiczny oparty na zmianach parametrów rotacji Ziemi i kształtu jej orbity 158
Podsumowanie rozdziału 160
Pytania przeglądowe i polecenia 160

ROZDZIAŁ 7

Ewolucja i zapis kopalny 163

Adaptacje 166
Wkład Karola Darwina 167
Geograficzne dowody ewolucji zebrane w podróży na statku „Beagle” 167
Szerokie podstawy anatomicznych dowodów ewolucji przedstawionych przez Darwina 169
Selekcja naturalna jako główny mechanizm ewolucji 170
Geny, DNA i chromosomy 170
Podstawowe znaczenie dziedziczenia cech w genetyce 170
Mutacje jako instrument doboru naturalnego 171
Rekombinacja genetyczna jako czynnik doboru naturalnego 171
Nowo odkryty mechanizm zmian genetycznych: horyzontalny transfer genów 172

Geny regulatorowe a rozwój organizmów 172
Populacje, gatunki i specjacja 172
Szybkości specjacji 174
Radiacje ewolucyjne jako rezultat nowych ekologicznych możliwości i adaptacyjnych przełomów 174
Szybka specjacja w niewielkich izolowanych populacjach 176
Możliwość powstania nowej jednostki systematycznej w pojedynczym wydarzeniu 178
Zegar molekularny i czasy powstawania 180
Konwergencja ewolucyjna 180
Wymieranie 181
Znaczne zróżnicowania szybkości wymierania 182
Masowe wymieranie dokonujące się obecnie 183
Tendencje ewolucyjne 184
Ewolucyjna tendencja do powiększania się rozmiarów ciał zwierząt 184
Proste i złożone tendencje ewolucyjne 185
Nieodwracalność procesu ewolucji 189
Podsumowanie rozdziału 189
Pytania przeglądowe i polecenia 190

ROZDZIAŁ 8

Teoria tektoniki płyt 191

Historia teorii dryfu kontynentalnego 194
Błędne interpretacje niektórych wczesnych obserwacji 194
Alfred Wegener – pionier teorii dryfu w XX wieku 195
Badania Aleksandra Du Toit dotyczące sekwencji Gondwany 196
Powszechne odrzucanie koncepcji dryfu kontynentalnego 198
Zagadkowe dane ujawnione przez paleomagnetyzm 198
Narodziny tektoniki płyt 200
Wyjaśnienie wielu zjawisk na gruncie ekspansji dna oceanicznego 200
Ostateczna weryfikacja metodami paleomagnetycznymi 203
Uskoki i aktywność wulkaniczna na granicach płyt 203
Formowanie się skorupy wzdłuż grzbietów śródoceanicznych 204
Przemieszczanie grzbietów śródoceanicznych przez uskoki transformacyjne 205
Subdukcja litosfery wzdłuż głębokich rowów oceanicznych 205
Ruchy płyt 207
Cztery przyczyny ruchów płyt 207
Zagłębianie się luźnych fragmentów skorupy w płaszczu Ziemi 207
Mierzalność ruchów płyt 208
Podsumowanie rozdziału 210
Pytania przeglądowe i polecenia 211

ROZDZIAŁ 9

Tektonika kontynentów i łańcuchy górskie 213

Dzielenie się kontynentów 216
Węzły potrójne w rejonach plam gorąca 216
Powstawanie rowów tektonicznych w początkowej fazie podziału 218
Powstawanie pasywnych krawędzi w procesach podziału 218
Zginanie i płynięcie skał 220
Orogeneza 222
Orogeneza jako skutek kolizji kontynentów 222
Możliwości orogenezy bez zderzeń kontynentów 223
Charakterystyczne struktury pasm górskich 223
Kompresja jako przyczyna deformacji 224
Powstawanie basenu przedpola pod ciężarem góry 224
Andy jako przykład gór powstałych bez zderzenia kontynentów 226
Pireneje jako przykład gór powstałych w wyniku zderzenia kontynentów 227
Łączenie się niewielkich mas lądowych z kontynentami 229
Tektonika wnętrz kontynentów 229
Podsumowanie rozdziału 232
Pytania przeglądowe i polecenia 232

ROZDZIAŁ 10

Główne cykle geochemiczne 235

Rezerwuary chemiczne 238
Przepływy jako prędkości ruchu między rezerwuarami 238
Wpływ sprzężeń zwrotnych na przepływy 238
Dwutlenek węgla, tlen i procesy biologiczne 239

Wykorzystanie cyklu fotosyntezy–oddychania przez rośliny 239
Wzrost tkanek jako rezultat fotosyntezy 240
Uwalnianie energii w procesie oddychania 240
Wykorzystywanie oddychania przez destruenty 241
Modyfikacje chemii atmosfery w wyniku pogrążania się szczątków roślinnych w ziemi 241
Podobieństwo morskich i lądowych cyklów fotosyntezy–oddychania 243
Izotopy tlenu, klimat i cykl wodny 244
Proporcje izotopów tlenu w szkieletach jako wskaźnik temperatury 244
Wiązanie tlenu 16O w lodowcach 245
Wpływ zasolenia na proporcje izotopów tlenu 246
Działanie pary wodnej jako gazu cieplarnianego 247
Wykorzystanie izotopów węgla w badaniach globalnych cyklów chemicznych 247
Proporcje izotopów węgla jako zapisy cyklicznej cyrkulacji węgla organicznego 247
Proporcje izotopów w skałach wapiennych i morskich osadach głębinowych jako zapisy zmian tempa pogrzebania węgla w ziemi 248
Wpływ pogrzebania węgla i siarki na powiększanie się atmosferycznego rezerwuaru tlenu 248
Usuwanie dwutlenku węgla z atmosfery w procesach wietrzenia i jego transfer do skał wapiennych 249
Wpływ zmian szybkości wietrzenia na atmosferyczny rezerwuar węgla 250
Wpływ zmian globalnej temperatury na atmosferyczny rezerwuar węgla 252
Tendencje zmian zawartości dwutlenku węgla w atmosferze w eonie fanerozoicznym 253
Wpływ pozytywnego sprzężenia zwrotnego na cykl węglowy 254
Stabilizujący wpływ negatywnych sprzężeń zwrotnych na poziom dwutlenku węgla 254
Ekskursje proporcji izotopów węgla i tlenu 255
Wpływ zmian szybkości oddychania bakterii na proporcje izotopów węgla 256
Wpływ zmian ilości hydratu metanu naproporcje izotopów węgla 256
Wpływ zmian produktywności fitoplanktonu na proporcje izotopów węgla 256
Relatywnie większy wpływ epizodów masywnego pogrzebania węgla na proporcje izotopów węgla w porównaniu z innymi czynnikami 257
Chemia oceanów i mineralogia szkieletów 257
Wpływ zmian zawartości magnezu i wapnia na powstawanie morskich węglanów 257
Wpływ zmian zawartości potasu i siarczanów na mineralogię ewaporatów 259
Usuwanie krzemu z oceanów przez organizmy żywe 259
Podsumowanie rozdziału 260
Pytania przeglądowe i polecenia 261

Część II – Historia Ziemi

ROZDZIAŁ 11

Eony prekambryjskie: hadeik i archaik 263

Wiek planet i Wszechświata 268
Powstanie Układu Słonecznego 269
Powstanie Słońca z mgławicy 270
Powstanie planet z mgławicy słonecznej 270
Hadeik 272
Rozwarstwienie Ziemi jako rezultat przechodzenia materii w stan ciekły 272
Powstanie Księżyca w następstwie kolizji 272
Pochodzenie wód oceanicznych z wulkanów i komet oraz ich zasolenia ze skał 273
Pochodzenie wczesnej atmosfery Ziemi z jej wnętrza 273
Liczne zderzenia z asteroidami i meteorytami we wczesnej historii Ziemi 273
Wysoka temperatura wczesnej Ziemi i niewielkie rozmiary jej płyt 274
Pochodzenie skorupy kontynentalnej 275
Powstanie skorupy felzytowej z topniejącej litosfery oceanicznej 275
Pojawienie się płyty kontynentalnej we wczesnej historii Ziemi 276
Eon archaiczny 276
Niewielkie rozmiary lądów archaiku jako skutek wysokiej temperatury wnętrza Ziemi 276
Szybki wzrost rozmiarów skorupy kontynentalnej 276
Pasma zieleńcowe 277

Zmiana systemu Ziemi 11-1 *Pojawianie się wielkich kratonów pod koniec eonu archaicznego* 278
Dowody istnienia życia w eonie archaicznym 280
Chemiczne hipotezy dotyczące początków życia na Ziemi 283
Łatwość formowania się aminokwasów 283
Możliwość istnienia świata RNA 283
Możliwość rozwoju życia wzdłuż grzbietów śródoceanicznych 285
Tlen atmosferyczny 287
Podsumowanie rozdziału 287
Pytania przeglądowe i polecenia 288

ROZDZIAŁ 12

Eon proterozoiczny prekambru 289
Główne zdarzenia eonu proterozoicznego 290
Współczesny styl orogenezy 292
Zdarzenia globalne w paleoproterozoiku i mezoproterozoiku 295
Powszechne zlodowacenia we wczesnym proterozoiku 295
Rozwój sinic, a później eukariotów w oceanach 295
Początki życia zwierzęcego 297
Gwałtowny rozwój organizmów zwierzęcych 297
Rozwój eukariotów pod wpływem wzrostu zawartości tlenu w atmosferze 301
Zmiana systemu Ziemi 12-1 *Wielkie zdarzenie oksydacyjne* 302
Zmiana systemu Ziemi 12-2 *Czy Ziemia były kiedyś śnieżną kulą?* 304
Dwa rozległe zlodowacenia w proterozoiku dosięgające niskich szerokości geograficznych 306
Możliwość wpływu zróżnicowania zwierząt na ewolucję fitoplanktonu 306
Ekspansja i kurczenie się kontynentów 306
Konsolidacja kontynentu Ameryki Północnej 308
Ekspansja Laurencji w proterozoiku poprzez kontynentalną akrecję 308
Powstanie wielkich złóż rud w wyniku zderzenia z obiektem zewnętrznym 309
Rów tektoniczny w centralnej i wschodniej Ameryce Północnej 310
Orogeneza grenwilska we wschodniej części Ameryki Północnej 312
Połączenia i podziały superkontynentów neoproterozoicznych 312
Superkontynent Nuna zawierający wszystkie wielkie masy lądowe 312
Mniejszy od Nuny superkontynent Rodinia 313
Połączenie Pannocji z Gondwaną mimo utraty Laurencji 313
Podsumowanie rozdziału 314
Pytania przeglądowe i polecenia 315

ROZDZIAŁ 13

Wczesna era paleozoiczna 317
Kambryjska eksplozja życia 320
Ślady o złożonych formach jako najwcześniejsze świadectwa życia kambryjskiego 320
Szkielety w wielu grupach zwierząt wczesnokambryjskich 320
Ograniczenie sposobów życia zwierząt wczesnokambryjskich 323
Zmiana systemu Ziemi 13-1 *Kształtowanie się szkieletów w wielu grupach zwierząt związane z różnicowaniem się drapieżników* 324
Powstanie kręgowców w warunkach różnicowania późnokambryjskiego 327
Życie w ordowiku 329
Zwierzęta pływające i unoszące się w wodach we wczesnym paleozoiku 329
Wielka radiacja życia w późnym ordowiku 329
Wpływ organizmów zwierzęcych na recesję stromatolitów 331
Zahamowanie różnicowania organizmów morskich związane z wymieraniem 332
Ekspansja bezkręgowców w wodach śródlądowych i roślin na lądach 332
Paleogeografia świata kambryjskiego 332
Epizody masowego wymierania kambryjskich trylobitów 334
Paleogeografia, zmiany klimatyczne i masowe wymieranie w ordowiku 335
Zlodowacenie w wyniku ochłodzenia klimatu 335
Zmiana systemu Ziemi 13-2 *Zlodowacenie i masowa zagłada form życia jako rezultat ochłodzenia klimatu* 336
Wielkie wymierania jako rezultat ochłodzeń klimatu 338
Zdarzenia regionalne we wczesnym paleozoiku 339
Wypiętrzenie gór wschodniej Laurencji

w orogenezie takońskiej 339
Trwała pasywna krawędź zachodniej Laurencji 344
Podsumowanie rozdziału 345
Pytania przeglądowe i polecenia 345

ROZDZIAŁ 14

Świat środkowego paleozoiku 347

Odnowa zróżnicowanych form życia 350
Odrodzenie życia w środowiskach wodnych 350
Zasiedlanie lądów przez rośliny 357
Wyjście zwierząt na lądy 359
Zmiana systemu Ziemi 14-1 *Kolonizacja lądów przez kręgowce jako rezultat zmian krajobrazów wywołanych rozwojem roślinności* 360
Paleogeografia świata środkowego paleozoiku 364
Zlodowacenie i masowe wymieranie 365
Zdarzenia regionalne w środkowym paleozoiku 365
Ponowne przejście wschodniej Ameryki Północnej w stan krawędzi pasywnej 365
Zmiana systemu Ziemi 14-2 *Globalne zmiany klimatyczne, zlodowacenie i masowe wymieranie jako efekt ekspansji roślin na lądach* 366
Powstanie Euroameryki podczas drugiej orogenezy appalachijskiej 368
Orogeneza i tworzenie się raf w zachodniej części Ameryki Północnej 372
Podsumowanie rozdziału 373
Pytania przeglądowe i polecenia 373

ROZDZIAŁ 15

Świat późnego paleozoiku 375

Życie w późnym paleozoiku 379
Pojawianie się nowych form życia w morzach paleozoiku 379
Rozwój organizmów rafotwórczych w morzach aragonitowych 380
Rozwój drzewostanów bagiennych 381
Ekspansja flory wyżynnej 383
Różnicowanie się zwierząt lądowych i ich ekspansja w środowiskach słodkowodnych 385
Zmiana systemu Ziemi 15-1 *Wielkie zlodowacenie w wyniku osłabienia efektu cieplarnianego* 386
Paleogeografia świata późnopaleozoicznego 390
Ciepły i wilgotny klimat we wczesnym karbonie 390
Wielkie zlodowacenie w połowie karbonu spowodowane kolizją kontynentów 390
Ekspansja siedlisk suchych w permie 393
Masowe wymieranie pod koniec ery paleozoicznej 394
Zdarzenia regionalne w późnym paleozoiku 394
Powstanie Appalachów w orogenezie alegheńskiej 394
Zmiana systemu Ziemi 15-2 *Najbardziej destruktywny ze wszystkich epizodów wymierania kończący erę paleozoiczną* 395
Orogenezy w południowo-zachodnich Stanach Zjednoczonych 398
Powstawanie pokładów węgla w cyklotemach 402
Powstawanie raf w basenie Delaware w zachodnim Teksasie 403
Powiększenie kontynentu Ameryki Północnej w orogenezie sonomskiej 406
Podsumowanie rozdziału 406
Pytania przeglądowe i polecenia 407

ROZDZIAŁ 16

Wczesny mezozoik 409

Życie w oceanach: nowa biota 412
Spowolnienie odnowy życia we wczesnym triasie przez trzy epizody masowego wymierania 413
Nowe grupy fitoplanktonu oraz liczne gatunki pływających drapieżników jako formy życia pelagicznego 415
Życie na lądach 418
Dominacja roślin nagonasiennych we florze mezozoicznej 418
Początek epoki dinozaurów 419
Zmiana systemu Ziemi 16-1 *Pojawienie się dinozaurów i zagadka ich ewolucyjnego sukcesu* 422
Zmiana systemu Ziemi 16-2 *Aktywność wulkaniczna i masowa zagłada* 428
Masowe wymieranie pod koniec triasu 431
Paleogeografia wczesnego mezozoiku 431

Wpływ rozmiarów Pangei na klimat i rozmieszczenie organizmów 432
Początek podziału Pangei 432
Lokalizacja stref tropikalnychi nietropikalnych 434
Zdarzenia tektoniczne w Ameryce Północnej 434
Powstawanie basenów gór zrębowych na wschodzie 434
Powiększanie się Ameryki Północnej na zachodzie 436
Podsumowanie rozdziału 440
Pytania przeglądowe i polecenia 441

ROZDZIAŁ 17

Świat w okresie kredowym 443

Życie w kredzie 446
Zmiany form życia pelagicznego 446
Zmiany form życia eupelagicznego 448
Ekspansja roślin kwiatowych na lądach 450
Ograniczenie rozwoju wczesnych ssaków przez dinozaury 452
Paleogeografia świata kredowego 456
Podział kontynentów i ekspansja oceanów 456
Wzrost poziomu morza, stagnacja wód głębokomorskich i ocieplenie klimatu 456
Wymieranie pod koniec okresu kredowego 460
Radykalne wymieranie życia w kredzie jako ostrzeżenie 461
Odzwierciedlenie chronologii wymierania w skamieniałościach 461
Rozwój gatunków oportunistycznch po masowym wymieraniu 461
Zmiana systemu Ziemi 17-2 *Śmierć z Kosmosu* 462
Ameryka Północna w okresie kredowym 466
Kontynuacja wypiętrzania Kordylierów 466
Powstanie akwenu morskiego łączącego Zatokę Meksykańską z Oceanem Arktycznym 467
Wydrążenie przez starą rzekę głębokiej doliny, która stała się później Wielkim Kanionem 468
Powstawanie współczesnego szelfu kontynentalnego na wschodzie Ameryki Północnej 469
Morza kredowe w Europie 470
Podsumowanie rozdziału 470
Pytania przeglądowe i polecenia 471

ROZDZIAŁ 18

Świat w paleogenie 473

Życie w paleogenie 476
Odrodzenie życia oceanicznego 477
Dominacja roślin kwiatowych 478
Intensywna radiacja ssaków w paleocenie i eocenie 479
Wielkie ptaki wczesnego paleogenu 482
Rozwój współczesnych grup zwierząt kopytnych, drapieżnych i naczelnych w oligocenie 483
Ewolucyjne uwspółcześnienie żab i owadów w paleogenie 484
Klimat paleogenu 484
Fala ocieplenia na początku eocenu 484
Zasięg ciepła w wysokich szerokościach geograficznych 486
Początek ochłodzenia i zlodowacenia w wysokich szerokościach geograficznych w środkowym eocenie 488
Zmiany klimatyczne, ekspansja lodowców i masowe wymieranie na przełomie eocenu i oligocenu 489
Zdarzenia regionalne w paleogenie 489
Zmiany położenia lądów i mórz w pobliżu biegunów 489
Kontynuacja aktywności górotwórczej w zachodniej części Ameryki Północnej 489
Zmiana systemu Ziemi 18-1 *Początek globalnego ochłodzenia i wysychania wód* 490
Nowy ryft na amerykańskim południowym zachodzie 496
Aktywność wulkaniczna w rejonie parku Yellowstone jako rezultat płytkiej subdukcji 497
Kontynuacja sedymentacji wzdłuż brzegów Zatoki Meksykańskiej 497
Zatoka Chesapeake jako efekt upadku meteorytu 498
Podsumowanie rozdziału 499
Pytania przeglądowe i polecenia 500

ROZDZIAŁ 19

Świat późnego kenozoiku przed holocenem 501

Życie w neogenie 504
Radiacja wielorybów i odrodzenie otwornic w oceanach 504
Rozwój i adaptacja gatunków lądowych do sezonowo suchych środowisk 505

Współczesna epoka lodowcowa na półkuli północnej 509
Względne ocieplenie klimatu we wczesnym pliocenie 509
Formowanie się lodowców kontynentalnych na półkuli północnej 509
Proporcje izotopów jako wskaźnik chronologii zlodowaceń 512
Zmiany flory wynikające ze zmian klimatycznych 513
Wielokrotne ekspansje i regresje lodowców 513
Zmiany rodzajów wegetacji w okresach maksimów glacjalnych 514
Zmiany cyrkulacji wód oceanicznych jako możliwa przyczyna epoki lodowcowej 515
Zmiana systemu Ziemi 19-1 *Radykalnie szybkie zmiany klimatyczne w epoce lodowcowej* 516
Wpływ zmian ruchu wirowego Ziemi na cykle zlodowaceń 519
Wpływ oscylacji klimatycznych na zmiany efektu cieplarnianego 519
Zdarzenia regionalne w okresie neogenu 520
Procesy górotwórcze w całej zachodniej części Ameryki Północnej 520
Wypiętrzenia Appalachów oraz pochodzące z nich osady na wschodzie 527
Narodziny Morza Karaibskiego 528
Wymiana ssaków między Ameryką Północną i Południową 528
Powstanie Himalajów – najwyższego łańcucha górskiego na Ziemi 530
Koniec oceanu Tetyda 532
Ewolucja człowieka 534
Radiacja wczesnych małp człekokształtnych w Afryce i w Azji 534
Najstarsze ślady hominidów sprzed 6 milionów lat 534
Podobieństwo australopiteków do małp człekokształtnych i ludzi 535
Nagłe pojawienie się rodzaju ludzkiego 536
Podobieństwo gatunku Homo erectus do człowieka współczesnego 538
Osobliwe ludzkie karły z Flores 539
Większe podobieństwo gatunku Homo heidelbergensis niż Homo erectus do ludzi współczesnych 539
Zmiana systemu Ziemi 19-2 *Powstanie rodzaju ludzkiego w okresie nagłych zmian klimatycznych* 540
Pojawienie się neandertalczyków w Eurazji 542
Ewolucja Homo sapiens w Afryce i jego migracja na północ 543
Podsumowanie rozdziału 544
Pytania przeglądowe i polecenia 545

ROZDZIAŁ 20

Regresja lodowców i holocen 547

Regresja lodowców 550
Gwałtowne zdarzenia globalne pod koniec plejstocenu i we wczesnym holocenie 552
Młodszy dryas 553
Pierwsi Amerykanie 554
Zmiana systemu Ziemi 20-1 *Dowody kolizji Ziemi z kometą jako przyczyny ochłodzenia młodszego dryasu oraz wymierania wielkich ssaków i zniknięcia kultury Clovis* 556
Nagłe wyginięcie wielkich ssaków 559
Wahania klimatyczne w okresie minionych 10 000 lat 560
Krótki okres globalnego ocieplenia zwany interwałem hypsitermalnym 560
Zapoczątkowanie rolnictwa przez ludzi 561
Lodowce oraz zasięgi drzew i ich przekroje jako odzwierciedlenia zmian klimatycznych 562
Wahania temperatury po interwale hypsitermalnym 563
Dotkliwe susze w holocenie 563
Zmiany poziomu morza 565
Szybki wzrost poziomu morza pod koniec plejstocenu i w początkach holocenu 565
Zmiany linii brzegowych w okresie minionych 7000 lat 565
Wiek XX i XXI: wpływ działalności człowieka 567
Gazy wprowadzane przez człowieka do atmosfery jako przyczyna ocieplenia klimatu i efektu cieplarnianego 567
Poważne przyszłe konsekwencje zmian klimatycznych 569
Wzrost stężenia dwutlenku węgla w oceanach jako czynnik hamujący wapnienie organizmów morskich 570
Podnoszenie się poziomu morza 571
Możliwość przyśpieszenia zmian klimatycznych przez dodatnie sprzężenia zwrotne 573
Podsumowanie rozdziału 574
Pytania przeglądowe i polecenia 575

Dodatek 577
Słownik 581
Indeks 601