

Przedmowa

1. Ziemia jako system 1

Badanie systemu Ziemi	2
Składniki systemu	2
Delikatny system	2
Zasada uniformitaryzmu	3
Aktualizm. teraźniejszość kluczem do przeszłości	3
Koniec katastrofizmu	5
Natura i pochodzenie skał	6
Podstawowe typy skał	6
Klasyfikacja ciał skalnych	10
Trzy zasady Steno	10
Cykl skalny	11
Globalne datowanie zapisu skalnego	14
Skamieniałości, warstwy przewodnie i wiek względny skał	14
Radioaktywność i bezwzględny wiek skał	15
Geologiczna skala czasu	15
Ewolucja skali czasowej	17
Obraz wnętrza Ziemi	18
Gradient gęstościowy	18
Litosfera i astenosfera	20
Tektonika płyt	21
Ruch płyt	21
Siła napędowa tektoniki płyt	24
Tektonika płyt a cykl skalny	25
Cykl wodny	25
Rezerwuary	25
Zależności od cyklu skalnego	27
Zmiany kierunkowe w historii Ziemi	28
Ewolucja życia	28
Zmiany kierunkowe cech fizycznych i chemicznych	29
Historia ekosystemu	29

Epizodyczne zmiany w historii Ziemi	30
Luki w zapisie geologicznym	30
Depozycja katastroficzna	32
Epizodyczne zdarzenia w historii życia	32

Podsumowanie	32
Pytania przeglądowe	33
Literatura dodatkowa	34

2. Minerale skałotwórcze i skały 35

Struktura minerałów	35
Atomy, pierwiastki i izotopy	35
Tablica 2. Skały i ich pochodzenie	36
Reakcje chemiczne	39
Sieci krystaliczne	41
Wymiana jonowa	43
Właściwości minerałów	44
Twardość	44
Masa właściwa	45
Łupliwość	45
Powstawanie minerałów	45
Odkrywanie genezy skał	46
Rodziny minerałów skałotwórczych	46
Typy skał	46
Skały magmowe	48
Osady i skały osadowe	51
<i>Warto przeczytać 2. Dlaczego nasze budynki zbudowane są ze skamieniałości?</i>	
Skały metamorficzne	62
Podsumowanie	65
Pytania przeglądowe	66
Literatura dodatkowa	67

3. Różnorodność życia 69

Tablica 3. Sześć królestw 70

Skamieniałości 72

Części twarde – najczęściej zachowane

elementy szkieletowe zwierząt 72

Zachowanie części miękkich zwierząt 72

Permineralizacja 73

Ośrodk i odciski 73

Skamieniałości śladowe 74

Kopalne paliwa 75

Jakość zapisu paleontologicznego 75

Królestwa 76

Grupy taksonomiczne 77

Rekonstrukcja związków

filogenetycznych 79

Identyfikacja kładów i relacji

między nimi 79

Ogólny kladogram kręgowców 80

Ogólne drzewo filogenetyczne

kręgowców 80

Analiza na niższym szczeblu taksonomicznym w rodzinie koniowatych 82

Jakość rekonstrukcji

filogenetycznych 84

Prokarioty Dwa królestwa bakterii 85

Archeobakterie 85

Eubakterie 85

Królestwa Protista i grzybów 86

Protista 86

Grzyby 89

Królestwo roślin 90

Zarodnikowe rośliny naczyniowe 91

Rośliny nasienne 92

Królestwo zwierząt 92

Gąbki. Proste bezkręgowce 92

Parzydełkowce (Cnidaria) 93

Strunowce (Chordata) 102

Warto przeczytać 3. Odkrywając niektóre bardzo stare kręgowce 104

Podsumowanie 107

Pytania przeglądowe 108

Literatura dodatkowa 109

4. Środowisko i życie 111

Tablica 4. Środowiska naturalne

i organizmy na Ziemi 112

Podstawy ekologii 114

Pozycja gatunku w jego środowisku 115

Zespoły organizmów 116

Biogeografia 118

Atmosfera 119

Skład chemiczny atmosfery 120

Temperatura i cyrkulacja atmosfery 120

Środowiska lądowe 123

Równoleżnikowe strefy klimatyczne

a roślinność 124

Wysokość nad poziomem morza

a klimat 128

Łąd, woda i okresowe zmiany

temperatury 130

Kopalne rośliny jako wskaźnik

klimatu 132

Królestwo mórz 133

Ruchy wód 133

Głębokość morza 136

Tryb życia organizmów morskich i sieci

troficzne 138

Temperatura mórz a biogeografia 140

Warto przeczytać 4. Delikatne rafy 142

Zasolenie jako czynnik

ograniczający 143

Środowiska słodkowodne 144

Podsumowanie 144

Pytania przeglądowe 145

Literatura dodatkowa 146

5. Środowiska sedymentacyjne 147

Tablica 5. Środowiska sedymentacyjne

i depozycja osadów 148

Gleby 150

Powstawanie gleby 150

Gleby kopalne 151

Jeziorne i lodowcowe środowiska

sedymentacji 152

Środowisko jezior słodkowodnych 152

Środowisko glacialne 152

Pustynie i suche obszary bezodpływowe	155
Dolina Śmierci. Przykład współczesny	156
Wydmy piaszczyste	158
Systemy rzeczne jako środowiska sedimentacji	158
Stożki aluwialne i osady rzek roztokowych klimatu wilgotnego	158
Rzeki meandrujące	159
Dłty	162
<i>Warto przeczytać 5. Kurcząca się delta Missisipi</i>	166
Środowiska sedimentacji morskiej	167
Zespół wysp barierowych i lagun	167
Osady szelfowe	168
Skamieniałości jako wskaźnik środowiska morskiego	169
Rafy	170
Platformy węglanowe	174
Osady głębokomorskie	176
Podmorskie stożki i turbidyty	176
Osady pelagiczne	178
Podsumowanie	180
Pytania przeglądowe	181
Literatura dodatkowa	182

Korelacja i datowanie zapisu skalnego

Geologiczna skala czasu	183
Następstwo skamieniałości	183
Tablica 6. Metody korelacji stratygraficznej	184
Systemy geologiczne	187
Jednostki stratygraficzne	188
Jednostki chronostratygraficzne a jednostki geochronologiczne	189
Jednostki biostratygraficzne	189
Magnetostratygrafia i chronostratygraficzne jednostki polaryzacji magnetycznej	191
Jednostki skalne, profile stratygraficzne i facje	193

Pierwsze szacunki bezwzględnego wieku Ziemi	197
---	-----

Zasolenie oceanów	197
Tempo akumulacji osadów	197
Temperatura Ziemi	198

Promieniotwórczość a wiek bezwzględny	198
---------------------------------------	-----

Datowanie radiometryczne	199
Użyteczne izotopy	200
Radioaktywność a skamieniałości.	
Precyzja korelacji	203

Inne metody datowania stratygraficznego	205
---	-----

Stratygrafia izotopowa	205
Stratygrafia zdarzeniowa	206
Niezgodności, powierzchnie warstw i stratygrafia sejsmiczna	209
Sekuencje	211

Podsumowanie	213
--------------	-----

<i>Warto przeczytać 6. Szukając ropy u południowych wybrzeży</i>	
--	--

<i>New Jersey</i>	214
-------------------	-----

Pytania przeglądowe	216
---------------------	-----

Literatura dodatkowa	216
----------------------	-----

7. Ewolucja i zapis paleontologiczny

Tablica 7 Ewolucja życia	218
Wkład Karola Darwina	221
Wyprawa na okręcie „Beagle”	221
Dowody anatomiczne	225
Dobór naturalny	225
Geny, DNA i chromosomy	226
Populacje, gatunki i specjacja	228
Wymieranie	228
Tempo powstawania i wymierania taksonów	229
Radiacja ewolucyjna	229
Tempo wymierania	233
Konwergencja ewolucyjna	235
<i>Warto przeczytać 7. Nadchodzące masowe wymieranie</i>	236

Trendy ewolucyjne	238
Zmiana rozmiarów ciała	238
Struktura trendów ewolucyjnych	242
Nieodwracalność ewolucji	245
Podsumowanie	246
Pytania przeglądowe	246
Literatura dodatkowa	247

8. Teoria tektoniki płyt 249

Historia poglądów na temat dryfu kontynentów	249
Tablica 8. Elementy tektoniki płyt	250
Alfred Wegener. Pionier XX wieku	254
Aleksander Du Toit i sekwencja gondwańska	255
Odrzucenie teorii dryfu kontynentów	257
Paleomagnetyczny rebus	258
Pojawienie się tektoniki płyt	260
Spreading – rozszerzanie się dna oceanicznego	260
Triumf paleomagnetyzmu	264
Uskoki i wulkanizm wzdłuż granic płyt	265
Typy uskoków	265
Co się dzieje w grzbietach śródoceanicznych?	266
Uskoki transformacyjne	267
Subdukcja w strefach rowów oceanicznych	268
<i>Warto przeczytać 8. Pierścień ognia</i>	270
Dlaczego płyty przemieszczają się?	272
Co się dzieje z subdukowanymi płatami?	272
Względny ruch płyt	272
Rzeczywisty ruch płyt	274
Podsumowanie	275
Pytania przeglądowe	276
Literatura dodatkowa	276

9. Tektonika kontynentów a pasma górskie 277

Tablica 9. Powstawanie i deformacje obszarów krawędzi kontynentalnych	278
Procesy ryftowe na kontynentach	280
Ryfty trójamienne i plamy gorąca	280
Charakterystyka geologiczna kontynentalnych dolin ryftowych	281
Krawędzie pasywne kontynentów	283
Odkształcanie i upłynnianie skał	284
Fałdowanie	285
Opisowa terminologia fałdów	287
Powstawanie gór	287
Orogeneza na skutek kolizji kontynentów	288
Orogeneza bez kolizji kontynentalnej	289
Mechanizmy deformacji	291
Depozycja w basenie przedpola	292
Andy Powstawanie gór bez kolizji kontynentów	294
<i>Warto przeczytać 9. Gdzie Ziemia się trzęsie?</i>	296
Himalaje	298
Ruch płyt	298
Przebieg orogenezy	299
Przyłączanie drobnych obszarów kontynentalnych do kontynentów	302
Tektonika wewnątrz kontynentów	302
Podsumowanie	304
Pytania przeglądowe	305
Literatura dodatkowa	306

10. Główne cykle geochemiczne 307

Rezerwuary	307
Tablica 10. Główne cykle chemiczne na Ziemi	308
Przepływ składników między rezerwuarami	310
Sprężenie zwrotne	310

Dwutlenek węgla, tlen i procesy biologiczne	311	Powstanie Układu Słonecznego	348
Cykl fotosynteza–oddychanie u roślin	311	Słońce	349
Fotosynteza a przyrost tkanek	312	Planety	349
Oddychanie u zwierząt	313	Powstanie Ziemi i Księżyca	350
Oddychanie u reducentów (destruentów)	314	Warstwy Ziemi	350
Pogrzebanie szczątków roślinnych a chemizm atmosfery	314	Katastroficzne narodziny Księżyca	351
Ekosystemy wodne	317	Wczesna atmosfera Ziemi	352
Zastosowanie izotopów do badania cykli globalnych	318	Oceany	352
Izotop węgla	319	Młodość Ziemi	353
Tlen atmosferyczny	321	Kratery na powierzchni Księżyca	353
Atmosferyczny dwutlenek węgla	322	Cieplesza Ziemia i mniejsze płyty	354
Znaczenie procesów wietrzenia	323	Narodziny kontynentów	355
Zmiany stężenia atmosferycznego CO ₂ w fanerozoiku	326	Plamy gorąca. Miejsca tworzenia kwaśnej skorupy	355
Ujemne sprzężenie zwrotne. W jaki sposób jest kontrolowana zawartość CO ₂ w atmosferze?	328	Dlaczego archaiczne kontynenty były małe?	357
Temperatura a tempo wietrzenia	328	<i>Warto przeczytać 11 Groźba z dalekiej przestrzeni</i>	358
Opady a tempo wietrzenia	328	Najstarsza skorupa kontynentalna	360
Izotopy tlenu, klimat i cykl hydrologiczny	330	Powstawanie skorupy kontynentalnej	360
Temperatura a stosunki izotopowe w szkieletach	330	Skały archaiczne	360
Zasolenie a stosunki izotopowe	331	Ogólne cechy skał osadowych	361
Objętość pokryw lodowych a izotopy	333	Pasy zielenicowe	361
Chemizm oceanu a skład mineralny szkieletów	334	Pojawienie się większych kratonów	363
<i>Warto przeczytać 10. Chemizm oceanu a kreda pisząca</i>	336	Życie archaiku	365
Podsumowanie	338	Zapis paleontologiczny	366
Pytania przeglądowe	339	Aminokwasy	367
Literatura dodatkowa	340	Świat RNA?	368
		Gdzie powstało życie?	368
		Podsumowanie	372
		Pytania przeglądowe	373
		Literatura dodatkowa	373
11. Eon archaiczny prekambru	341		
Tablica 11. Głównie zdarzenia archaiku	342	12. Eon proterozoiczny	375
Wiek planet i wszechświata	345	Tablica 12. Głównie zdarzenia eonu proterozoicznego	376
		Pojawienie się współczesnego stylu procesów orogenicznych	378
		Zdarzenia globalne w okresie 2,5–1,0 mld lat temu (paleo- i mezoproterozoik)	381

Wczesnoproterozoiczne	
zlodowacenie	381
Życie organiczne wczesnego	
proterozoiku	381
Wzrost stężenia tlenu w atmosferze	385
Era neoproterozoiczna	387
Epoki lodowcowe	387
Początki współczesnego życia	388
Eksplodywna ewolucja zwierząt	388
Wzrost i kurczenie się kontynentów	393
Formowanie się Ameryki Północnej	395
Akrecja kontynentalna	395
Większy kontynent	397
Środkowoproterozoiczny ryfting	
w środkowej i wschodniej	
części Ameryki Północnej	397
<i>Warto przeczytać 12. Złotonośne góry</i>	398
Strefa orogeniczna Grenville	399
Powstawanie i rozpad	
superkontynentów	401
Powstanie superkontynentu Rodinia	402
Narodziny Oceanu Spokojnego	
i zachodnich wybrzeży Ameryki	
Północnej	402
Kolejny superkontynent?	403
Narodziny paleozoicznych	
kontynentów	403
Podsumowanie	404
Pytania przeglądowe	404
Literatura dodatkowa	405

13. Wczesny paleozoik 407

Kambryjska eksplozja życia	407
Tablica 13. Główne zdarzenia wczesnego	
paleozoiku	408
Życie we wczesnym kambrze	410
Życie w kambrze środkowym	
i późnym	416
Życie ordowiku	417
<i>Warto przeczytać 13. Co jest potrzebne,</i>	
<i>aby przetrwać?</i>	418

Wczesny ordowik	419
Wielka ordowicka radiacja życia	420
Życie zwierząt i schyłek	
stromatolitów	422
Wymieranie i różnorodność w morzu	423
Czy rośliny wyszły na ląd?	423
Paleogeografia kambru	424
Okresowe masowe wymierania	
trylobitów	426
Paleogeografia ordowiku	428
Zlodowacenie i obniżenie się	
poziomu morza	428
Wielkie masowe wymieranie	430
Przykłady regionalne	432
Orogeza takońska wschodniej	
Laurencji	432
Stabilna zachodnia Laurencja	436
Podsumowanie	438
Pytania przeglądowe	439
Literatura dodatkowa	439

14. Środkowy paleozoik 441

Tablica 14. Główne zdarzenia	
środkowego paleozoiku	442
Nowa ekspansja życia	444
Odrodzenie w środowiskach wodnych	444
<i>Warto przeczytać 14. Szczęki, ewolucja</i>	
<i>i inżynieria genetyczna</i>	452
Rośliny podbijają ląd	454
Zwierzęta wychodzą na brzeg	458
Paleogeografia środkowego paleozoiku	460
Początek nowego okresu glacialnego	462
Późnodewońskie masowe wymieranie	462
Przykłady regionalne	464
Wschodnia część Ameryki Północnej	464
Eurameryka (Laurussia)	466
Podsumowanie	472
Pytania przeglądowe	473
Literatura dodatkowa	474

15. Późny paleozoik 475

Tablica 15. Główne zdarzenia późnego paleozoiku 476

Życie 478

Nowe formy życia w morzach 478

Aragonitowe morza i rafy 481

Rośliny lądowe 481

Warto przeczytać 15. Mokradła wtedy i dzisiaj 484

Zwierzęta słodkowodne i lądowe 488

Paleogeografia późnego paleozoiku 492

Wczesny karbon. Wapienie i lodowce 492

Zdarzenia na przełomie wczesnego i późnego karbonu 492

Późny karbon. Kolizja kontynentów i wzrost gradientu temperaturowego 494

Perm. Złożoność klimatu 495

Atmosferyczny dwutlenek węgla a klimat karbonu i permu 496

Późnopermskie wymieranie 497

Pierwszy epizod wymierania 497

Końcowe wymieranie 498

Przykłady regionalne 500

Orogeneza allegeńska i Appalachy 502

Ruchy górotwórcze w południowo-zachodnich Stanach Zjednoczonych 502

Cyklotemy węglowe 506

Perm zachodniego Teksasu 509

Zachodnia krawędź Ameryki

Północnej 513

Podsumowanie 513

Pytania przeglądowe 514

Literatura dodatkowa 515

16. Wczesny mezozoik 517

Tablica 16. Główne zdarzenia wczesnego mezozoiku 518

Życie w oceanach. Nowa fauna 520

Dna mórz 520

Życie w strefie pelagicznej 522

Życie na lądach 526

Rośliny lądowe. Mezozoiczna flora nagozależkowa 526

Zwierzęta lądowe. Początek wieku dinozaurów 528

Warto przeczytać 16. Jakie były dinozaury? 534

Paleogeografia wczesnego mezozoiku 536

Pangea w triasie 536

Rozpad Pangei 537

Świat jurajski 539

Masowe wymierania 540

Ameryka Północna we wczesnym mezozoiku 541

Wschodnie baseny uskokowe 541

Zachodnia część Ameryki

Północnej 543

Podsumowanie 549

Pytania przeglądowe 549

Literatura dodatkowa 550

17. Kreda 551

Świat organiczny 551

Tablica 17. Główne zdarzenia okresu kredowego 552

Życie w strefie pelagicznej 554

Życie na dnie morza 557

Pojawienie się współczesnych morskich drapieżników 558

Rośliny kwiatowe opanowują ląd 559

Wielkie dinozaury i niewielkie ssaki 561

Paleogeografia kredy 563

Nowe kontynenty i oceany 564

Warto przeczytać 17 Nagrodzona łagodność 565

Poziom morza, cyrkulacja oceaniczna i klimat 567

Masowe wymieranie w końcu kredy 571

Dowody na zderzenie z planetoidą 571

Skutki impaktu 574

Lekcja dla ludzkości 575

Skamieniałości i datowanie
wymierania 575
Konsekwencje wymierania 575

Ameryka Północna w okresie
kredowym 577

Kontynuacja ruchów górotwórczych
w Kordylierach 577
Wybrzeża Zatoki Meksykańskiej i basen
wewnętrzny 578
Wschodnie wybrzeża.
Rozwój współczesnego szelfu
kontynentalnego 581

Europejskie morza kredy piszącej 582

Podsumowanie 583

Pytania przeglądowe 583

Literatura dodatkowa 584

18. Paleogen 585

Tablica 18. Główne zdarzenia
paleogenu 586

Zdarzenia globalne 588

Ewolucja życia w morzu 588
Ewolucja roślin lądowych 590
Wczesnopaleogeńskie zwierzęta lądowe
i słodkowodne 590
Oligoceńskie ssaki 595
Zmiana klimatu i masowe
wymieranie 597

*Warto przeczytać 18. Globalne ocieplenie
w eocenie 600*

Zdarzenia regionalne 602

Antarktyda i zmiany globalne 602
Zmiany konfiguracji lądów i mórz
w pobliżu bieguna północnego 603
Tektonika zachodniej części Ameryki
Północnej 603
Wybrzeża zatokowe 609

Podsumowanie 610

Pytania przeglądowe 610

Literatura dodatkowa 611

19. Neogen i plejstocen 613

Tablica 19. Główne zdarzenia neogenu
i plejstocenu 614

Zdarzenia globalne 616

Życie w wodzie 616
Życie na lądach 616
Zmiana klimatyczna w końcu neogenu
i w plejstocenie 621

Zdarzenia regionalne 633

Ewolucja tektoniczna zachodniej części
Ameryki Północnej 634

*Warto przeczytać 19. Największa powódź
w historii Ziemi 642*

Zachodni Atlantyk i obszary
przyległe 643
Narodziny Morza Karaibskiego 644
Wielka amerykańska wymiana
ssaków 646
Koniec Tetydy 647

Ewolucja człowieka 648

Wczesne małpy w Afryce i w Azji 648
Australopiteki 649
Homo erectus, nasz współczesny
przodek 653
Nasz kuzyn – neandertalczyk 654

Podsumowanie 656

Pytania przeglądowe 657

Literatura dodatkowa 658

20. Holocen 659

Tablica 20. Główne zdarzenia
holocenu 660

Odwrót lodowców 662

Nagłe globalne zdarzenia wczesnego
holocenu 663

Pierwsi Amerykanie 667

Nagłe wymarcie wielkich ssaków 668
Hipoteza wielkiego zabijania 670
Hipoteza klimatyczna 670

Kompromis. Zarówno klimat, jak i łowiectwo 670	Metan z tundry 681
Zmiany klimatyczne ostatnich 10 000 lat 671	Konsekwencje przyszłych zmian klimatycznych 681
Początki rolnictwa 671	Bezpośredni wpływ wzrostu zawartości CO ₂ na rośliny 682
Okres optimum klimatycznego 672	Podniesienie się poziomu morza 682
Lodowce, granica lasu i słoje przyrostowe 672	<i>Warto przeczytać 20. Czy pokrywa lodowa Antarktydy kurczy się?</i> 684
Temperatura od końca okresu optimum klimatycznego 674	Podsumowanie 686
Epizody osuszania 675	Pytania przeglądowe 687
Poziom morza 676	Literatura dodatkowa 688
Konsekwencje wczesnoholocenijskiego podniesienia się poziomu morza 677	
Linia brzegowa w ciągu ostatnich 7000 lat 677	Apendyks. Podział stratygraficzny 689
Wiek XX i XXI. Wpływ człowieka 680	Źródła ilustracji 693
Aktywność ludzka i efekt cieplarniany 680	Indeks 695