Spis treści

Przedmowa 11

1. Wstęp 15

1.1. Czego czytelnik powinien się spodziewać po tej książce? . . . 15
1.2. O metodzie naukowej 16
1.3. Ekologia współczesna 22
Literatura uzupełniająca 26

2. Życie biosfery 29

2.1. Żywy organizm 29
2.2. Żywa biosfera 30
2.3. Ekologia jako program badawczy biologii 30
2.4. Planeta Ziemia 31
2.4.1. Ziemia we wszechświecie 31
2.4.2. Planety Układu Słonecznego 33
2.4.3. Środowisko kosmiczne 35
2.4.4. Ruch Ziemi wokół Słońca, pory roku 36
2.4.5. Ruch obrotowy Ziemi wokół osi 37
2.4.6. Magnetosfera Ziemi 38
2.4.7. Hipoteza Milankoviča 39
2.5. Ziemia pod nogami 41
2.5.1. Co jest w środku 41
2.5.2. „A jednak się rusza" 42
2.6. Cyrkulacja atmosferyczna i cykl hydrologiczny 47
Literatura uzupełniająca 51

3. Biogeneza i historia biosfery 52

3.1. Powstanie życia na Ziemi 52
3.1.1. Co to jest: życie 52
3.1.2. Teoria Oparina 53
3.1.3. Eksperymenty z „syntetycznymi funkcjami życiowymi" 55
3.1.4. Współczesne hipotezy 56
3.1.5. Powstanie współczesnych form życiowych 61

3.2. Prehistoria życia i paleoekologia 62
3.3. Wielkie wymierania 67
3.3.1. Dokumenty paleontologiczne 67
3.3.2. Przyczyny katastrof 73
3.3.3. Zderzenia z meteorytami 73
3.3.4. Okresowość wymierań 76
3.3.5. Wulkanizm i inne hipotezy konkurencyjne 78
Literatura uzupełniająca 79

Metabolizm biosfery 80

4.1. Cykl redoks 80
4.2. Heterotrofia 86
4.3. Autotrofia 87
4.4. Pobieranie azotu i siarki 91
4.5. Oddychanie 92
4.6. Ewolucja systemów metabolicznych 96
4.6.1. Ekosystemy cieplic głębinowych 96
4.6.2. Ewolucja fotosyntezy 98
Literatura uzupełniająca 101

Produkcja pierwotna biosfery 102

5.1. Energetyka produkcji biomasy 102
5.2. Metody pomiaru produkcji pierwotnej? 106
5.2.1. Metody żniwne 108
5.2.2. Pomiary fizjologiczne 110
5.2.3. Metody pośrednie 112
5.3. Od czego zależy tempo produkcji pierwotnej? 113
5.4. Produkcja pierwotna w oceanach 115
5.5. Produkcja pierwotna na lądach 119
5.6. Bilans energetyczny biosfery 122
Literatura uzupełniająca 124

Dekompozycja, czyli rozkład biomasy 125

6.1. Istota procesu 125
6.2. Dekompozycja dokonywana przez rośliny 127
6.3. Dekompozycja dokonywana przez konsumentów 127
6.4. Destruenci, detrytusożercy, saprofagi, „reducenci" 128
6.5. Procesy dekompozycji w wodach 129
6.6. Procesy dekompozycji na lądach 130
6.7. Od czego zależy tempo dekompozycji i jak się je mierzy? 132
6.8. Niedomknięte bilanse: deponowanie materii organicznej 140
Literatura uzupełniająca 141

Cykle biogeochemiczne 142

7.1. Krążenie pierwiastków w biosferze 142
7.2. Cykl węgla 144
7.3. Bilans węgla a klimat globalny 146
7.3.1. Klimat się zmienia 146
7.3.2. Przyczyny zmian klimatu 149

7.3.3. Gazy cieplarniane . . . 152
7.3.4. Spodziewane skutki wzrostu zawartości CO_2 w atmosferze . . . 158
7.3.5. Bilans węgla w biosferze: gdzie się podziewa CO_2 . . . 159
7.3.6. Międzynarodowe badania globalnych zmian klimatycznych . . . 159
7.4. Cykl azotu . . . 160
7.5. Cykl siarki . . . 167
7.6. Cykl fosforu . . . 172
7.7. Żelazo . . . 174
Literatura uzupełniająca . . . 175

8. Ekosystem . . . 176

8.1. Warunki życia w oceanie i na lądzie . . . 176
8.2. Biomy Ziemi . . . 178
8.2.1. Zróżnicowanie biosfery . . . 178
8.2.2. Gleba . . . 180
8.3. Biosfera, biom, ekosystem . . . 184
8.4. Pojęcie ekosystemu: problemy terminologiczne . . . 190
8.5. Struktura troficzna ekosystemu . . . 193
8.6. Modele ekosystemów . . . 198
8.7. Bioenergetyka ekologiczna . . . 202
Literatura uzupełniająca . . . 205

9. Jezioro, las, step, ocean . . . 206

9.1. Cztery przykłady . . . 206
9.2. Jezioro . . . 207
9.3. Las strefy umiarkowanej . . . 220
9.3.1. Badania ekosystemów leśnych . . . 220
9.3.2. Las Puszczy Niepołomickiej . . . 221
9.4. Step . . . 234
9.4.1. Ekosystem trawiasty . . . 234
9.4.2. Suchy step karaganowo-ostnicowy w Mongolii . . . 235
9.4.3. Wpływ gryzoni na obieg materii i produktywność stepu . . . 237
9.5. Ocean . . . 240
9.5.1. Ekosystem globalny . . . 240
9.5.2. Biomy morskie . . . 240
9.5.3. Prądy wstępujące (upwellingi) . . . 242
9.5.4. El Niño . . . 244
Literatura uzupełniająca . . . 246

10. Funkcjonowanie ekosystemów — w poszukiwaniu ogólnych zasad 247

10.1. Struktura sieci troficznej i przepływ energii w ekosystemach . . . 247
10.2. Przepływ energii między poziomami troficznymi . . . 253
10.3. Analiza sieci troficznych . . . 255
10.4. Od czego zależy długość łańcuchów troficznych . . . 258
10.5. Regulacja ekosystemu: „z góry" czy „z dołu"? . . . 260
10.6. Jak powstaje ekosystem . . . 261
10.7. Stabilność ekosystemów . . . 265
10.8. Trwałość biosfery . . . 276
Literatura uzupełniająca . . . 282

11. Różnorodność biosfery 283

11.1. Zagadka różnorodności biosfery 283
11.2. Zróżnicowanie form życiowych 286
11.2.1. Źródła zmienności organizmów żywych 286
11.2.2. Każdy organizm jest unikatem 287
11.2.3. Różnorodność gatunkowa 289
11.2.4. Różnorodność prebiotyczna i wczesna ewolucja form życiowych 289
11.2.5. Nieciągłość zmienności 291
11.3. Zmiany liczby gatunków w historii biosfery 291
11.4. Ile gatunków żyje obecnie na Ziemi? 299
11.4.1. Stan znajomości współczesnej flory i fauny 299
11.4.2. Próby oszacowania rzeczywistej liczby gatunków 302
11.5. Przestrzenna zmienność różnorodności gatunkowej w biosferze 309
11.5.1. Geograficzne wzorce różnorodności gatunkowej 309
11.5.2. Przyczyny geograficznego zróżnicowania liczby gatunków 314
11.5.3. Zależność liczby gatunków od wielkości areału 320
11.6. Znaczenie globalnej różnorodności gatunkowej i jej zagrożenia 323
11.6.1. Wymierania plejstoceńskie i współczesne 323
11.6.2. Pożytki z różnorodności biologicznej 325
Literatura uzupełniająca 328

12. Organizm wśród organizmów 329

12.1. Środowisko biotyczne 329
12.2. Ewolucja interakcji międzygatunkowych 330
12.3. Konkurencja 334
12.3.1. Model konkurencji 335
12.3.2. Eksperymentalne badania nad konkurencją 344
12.3.3. Znaczenie konkurencji międzygatunkowej dla różnorodności biosfery 355
12.4. Eksploatacja 355
12.4.1. Niesymetryczne interakcje międzygatunkowe 355
12.4.2. Pasożytnictwo 356
12.4.3. Drapieżnictwo 360
12.4.4. Roślinożerność 372
12.5. Mutualizm 377
12.5.1. Symbiozy metaboliczne 377
12.5.2. Zoogamia i zoochoria 385
12.5.3. Przymierze obronne 392
12.5.4. Komensalizm 392
12.5.5. Znaczenie mutualizmu dla różnorodności biosfery 393
Literatura uzupełniająca 395

13. Różnorodność gatunkowa w skali lokalnej 396

13.1. Struktura różnorodności 396
13.1.1. Składowe różnorodności gatunkowej 396
13.1.2. Powtarzalność składu gatunkowego 398
13.2. Zespół i biocenoza 399
13.2.1. Czy to, czym zajmuje się ekologia, w ogóle istnieje? 399
13.2.2. Burzliwe dzieje kilku pojęć 403

13.2.3. Wzorce i mechanizmy 407
13.3. Powtarzalne wzorce w strukturze zespołów 407
13.3.1. Wzorzec I: Redundancja biocenoz. Gatunków jest zawsze „za dużo", o wiele więcej niż kategorii troficznych realizujących funkcje ekosystemu 407
13.3.2. Wzorzec II: Wielkość populacji gatunków wchodzących w skład zespołów ma charakterystyczny rozkład: mało dużych, dużo małych 410
13.3.3. Wzorzec III: Wielkości ciała gatunków wchodzących w skład zespołów mają charakterystyczne rozkłady: mało dużych, dużo małych 418
13.3.4. Wzorzec IV: Gatunki wchodzące w skład zespołu w sposób charakterystyczny różnią się od siebie („zasada ograniczonego podobieństwa") 425
13.3.5. Wzorzec V: Z danej puli gatunków, w podobnych warunkach, mogą się tworzyć różne zespoły, ale ich skład nie jest przypadkowy 432
13.3.6. Wzorzec VI: Konwergencja zespołów 434
13.3.7. Co wynika z analizy powtarzalnych wzorców w strukturze zespołów? 438
13.4. Dynamika biocenoz 440
13.4.1. Wzorce zmian struktury biocenozy w czasie: sukcesja 440
13.4.2. Sukcesja: proces deterministyczny, czy losowy? 446
13.4.3. Równowaga w biocenozie 449
13.4.4. Mechanizm zrównoważenia liczby gatunków w zespole — model biogeografii wysp 450
13.4.5. Dynamika biocenoz — brak teorii a praktyka 452
13.5. Znaczenie lokalnej różnorodności gatunkowej 453
13.5.1. Czy różnorodność gwarantuje stabilność? 453
13.5.2. Rozważania teoretyczne 453
13.5.3. Potwierdzenia eksperymentalne 456
13.5.4. Czy różnorodność jest dobra dla ekosystemu? 458
Literatura uzupełniająca 458

14. Ekologia gatunku 459

14.1. Populacja jednogatunkowa 459
14.1.1. Poziomy organizacji życia 459
14.1.2. Dynamika populacji 460
14.1.3. Wpływ czyników niezależnych od zagęszczenia na dynamikę populacji 462
14.2. Regulacja liczebności populacji 465
14.2.1. Czynniki zależne od zagęszczenia 465
14.2.2. Konkurencja wewnątrzgatunkowa — podział zasobów 472
14.2.3. Samoprzerzedzenie 473
14.2.4. Terytorializm 477
14.2.5. Stabilizujący wpływ zmienności indywidualnej 478
14.2.6. Warunki przetrwania gatunku 481
14.2.7. Populacja populacji, czyli metapopulacja 483
14.3. Demografia 487
14.3.1. Losy poszczególnych osobników 487
14.3.2. Wskaźnik zastępowania 488
14.3.3. Tabela życia dla kohorty 490
14.3.4. Macierz projekcji 503
14.3.5. Związki między współczynnikami dynamiki populacji 507
14.4. Strategie ewolucyjne gatunków 508
14.4.1. Historie życiowe 508
14.4.2. Kształtowanie strategii życiowej przez dobór naturalny 512
Literatura uzupełniająca 516