

Spis treści

Symbole i oznaczenia	13
Przedmowa	19
Część I. Podstawy dynamiki płynów	23
1 Właściwości wody morskiej	25
1.1 Wprowadzenie	25
1.2 Właściwości fizyczne wody morskiej	26
1.2.1 Gęstość	26
1.2.2 Lepkość	30
1.2.3 Ścisłość	31
1.2.4 Napięcie powierzchniowe	32
1.3 Właściwości chemiczne wody morskiej	34
1.3.1 Składniki organiczne wody morskiej	35
1.3.2 Koncentracja substancji zawieszonych	37
1.3.3 Składniki nieorganiczne wody morskiej	38
2 Woda w spoczynku i w ruchu	39
2.1 Wprowadzenie	39
2.2 Woda w spoczynku: hydrostatyka	39
2.2.1 Rozkład ciśnień w wodzie	39
2.2.2 Mechanizm wyporu i stabilność cieczy	41
2.3 Podstawowe prawa zachowania	46
2.3.1 Ruch ustalony i nieustalony	46
2.3.2 Prawo zachowania masy	47
2.3.3 Prawo zachowania pędu	49
2.4 Przepływ laminarny i turbulentny	53
2.4.1 Liczba Reynoldsa	54
2.4.2 Średnie i fluktuacyjne składowe przepływu	56
2.4.3 Prawa zachowania dla przepływu turbulentnego	58
2.5 Przepływy w warstwie granicznej	60
2.5.1 Warunki brzegowe w warstwie granicznej	60
2.5.2 Laminarna warstwa graniczna	62
2.5.3 Turbulentna warstwa graniczna	63
2.6 Siły wywołane przepływem wody	65
2.6.1 Siła oporu hydrodynamicznego	67

2.6.2	Siła bezwładności	70
2.6.3	Siła nośna	71
2.7	Swobodne opadanie ciał w wodzie	73
2.7.1	Zmiany prędkości opadania w czasie	73
2.7.2	Bardzo powolne opadanie ciał w wodzie	76
2.7.3	Wpływ koncentracji zawiesin	77
2.7.4	Wpływ stratyfikacji wody morskiej	78
Część II. Główne morskie procesy hydrodynamiczne		81
3	Fale regularne na powierzchni morza	83
3.1	Wprowadzenie	83
3.2	Charakterystyczne cechy ruchu falowego	84
3.2.1	Powierzchnia falowa	84
3.2.2	Ruch orbitalny elementów wody	86
3.2.3	Prędkość fazowa i grupowa	87
3.3	Fale na powierzchni morza o stałej głębokości	88
3.3.1	Klasyfikacja fal	88
3.3.2	Fale według teorii małej amplitudy	89
3.4	Fale nad pochyłym dnem	100
3.4.1	Refrakcja fali powierzchniowej	100
3.4.2	Równanie ruchu falowego nad pochyłym dnem	103
3.4.3	Załamane fal w strefie brzegowej	106
3.4.4	Zmiana średniego poziomu morza	109
3.4.5	Nabieganie fal na brzeg	110
3.5	Warstwa graniczna w obecności falowania	115
3.6	Siły wywołane falowaniem	116
3.7	Nieliniowe teorie fal powierzchniowych	118
4	Fale wywołane działaniem wiatru	125
4.1	Wprowadzenie	125
4.2	Podstawowe mechanizmy generacji fal	126
4.3	Oddziaływania nieliniowe w polu falowym	128
4.4	Załamane fal na głębokim morzu	128
4.5	Analiza spektralna falowania	132
4.5.1	Analiza harmoniczna zadanej funkcji czasu	132
4.5.2	Widmo częstotliwościowe falowania wiatrowego	134
4.5.3	Typowe widma częstotliwościowe	138
4.5.4	Kierunkowy rozkład energii falowania	143
4.6	Statystyka podstawowych parametrów fali	144
4.7	Predykcja fal wiatrowych	149
4.7.1	Predykcja fal na głębokiej wodzie	149
4.7.2	Predykcja fal w strefie brzegowej	152
4.8	Fale na niektórych morzach i oceanach	153

5	Inne zjawiska falowe na morzu	155
5.1	Wprowadzenie	155
5.2	Fale ekstremalne	155
5.3	Fale tsunami	158
5.4	Sejsze	161
5.5	Wezbrania sztormowe	163
5.6	Poziomy wód w Morzu Bałtyckim	164
6	Fale wewnętrzne	169
6.1	Wprowadzenie	169
6.2	Fale w dwuwarstwowym oceanie	170
6.3	Fale w stratyfikowanym oceanie	171
6.3.1	Stała głębokość morza	171
6.3.2	Zmienna głębokość morza	175
6.4	Rozwiązania nieliniowe	180
6.5	Widmo energii fal wewnętrznych	181
7	Pływy	183
7.1	Wprowadzenie	183
7.2	Siły pływotwórcze	185
7.3	Dynamiczna teoria pływów	187
7.3.1	Efekt Coriolisa	188
7.3.2	Fale pływowe w obecności kontynentów	189
7.4	Prądy pływowe	192
8	Prądy w morzach i oceanach	193
8.1	Wprowadzenie	193
8.2	Pole wiatru na kuli ziemskiej	193
8.3	Siły generujące prądy morskie	197
8.4	Globalny układ prądów	198
8.5	Prądy w Morzu Bałtyckim	201
8.6	Wlewy i struktura zasolenia w Bałtyku	204
8.7	Pionowa struktura prądów	207
8.7.1	Spirala Ekmana	207
8.7.2	Brzegowe prądy wznoszące	212
8.7.3	Równikowe prądy wznoszące	218
8.7.4	Polarne prądy wznoszące	219
8.8	Zjawisko El Niño	221
8.9	Cyrkulacja termohalinowa	224
8.10	Prądy w strefie brzegowej	227
9	Transport materii w morzu	233
9.1	Wprowadzenie	233
9.2	Podstawy procesów dyfuzyjnych	233
9.2.1	Błądzenie przypadkowe i procesy dyfuzyjne	233
9.2.2	Prawo Ficka	235
9.3	Koncentracja materii w ruchu molekularnym	236
9.4	Koncentracja materii w ruchu turbulentnym	239
9.4.1	Równanie dyfuzji turbulentnej	239

9.4.2	Współczynniki dyfuzji turbulentnej	240
9.4.3	Dyfuzja traserów radioaktywnych w oceanie	241
9.4.4	Niestabilność hydrodynamiczna i słone palce	242
9.5	Hydrodynamika ujść rzecznych i fiordów	244
9.5.1	Ujścia z klinem wody słonej	246
9.5.2	Ujścia częściowo wymieszane	247
9.5.3	Ujścia dobrze wymieszane	248
9.5.4	Dynamika ujść na południowym Bałtyku	249
9.5.5	Fiordy jako specyficzna forma ujścia rzecznego	249
9.5.6	Cyrkulacja wód w fiordach	250
9.6	Transport osadów w strefie brzegowej	251
9.6.1	Początek ruchu osadów na dnie morskim	252
9.6.2	Transport wzdłużbrzegowy osadów	255
9.6.3	Transport do- i odrzeglony osadów	257
9.6.4	Bilans transportu osadów i zmiany głębokości dna	259
9.6.5	Struktura pionowa osadów zawieszonych	260
9.7	Infiltracja wód w plaży wywołana falowaniem	262
9.7.1	Dane eksperymentalne	263
9.7.2	Modele teoretyczne zanikania ciśnień porowych	268
Część III. Wpływ procesów fizycznych na chemię i biologię morza		275
10	Ruch organizmów morskich	277
10.1	Wprowadzenie	277
10.2	Siły wyporu działające na organizmy	277
10.3	Transmisja sił pomiędzy organizmem a wodą	280
10.4	Powolny ruch organizmów morskich	284
11	Wpływ roślinności na dynamikę wód	287
11.1	Wprowadzenie	287
11.2	Lasy mangrowe	288
11.2.1	Pływy w lasach mangrowych	288
11.2.2	Fale powierzchniowe w lasach mangrowych	289
11.3	Rafy koralowe	294
11.3.1	Oddziaływanie fal na rafy koralowe	295
11.3.2	Transport osadów na rafach koralowych	299
11.4	Wodorosty i trawy morskie	300
11.4.1	Wodorosty	300
11.4.2	Trawy morskie	302
11.5	Cyrkulacja wód w pobliżu dna morskiego	302
11.5.1	Fale wewnętrzne i warstwa przydenne	302
11.5.2	Wysięki wód w warstwie przydennej	303
11.5.3	Źródła termalne na dnie morskim	304
12	Transport wód w ujściach rzecznych	307
12.1	Wprowadzenie	307
12.2	Erozja i sedymentacja w ujściach rzek	307
12.3	Dyspersja zanieczyszczeń w ujściach rzek	309
12.4	Mieszanie i produkcja pierwotna	311

12.5	Dispersja wód słodkich w ujściach rzecznych	314
12.6	Rola transportu i mieszania wód w fiordach	315
13	Transport materii w dnie morskim	317
13.1	Wprowadzenie	317
13.2	Cyrkulacja wód w przypadku płaskiego dna	318
13.3	Cyrkulacja wód w sąsiedztwie form dennych	320
13.3.1	Przypadek pojedynczej formy dennej	320
13.3.2	Przypadek ciągu małych form dennych	324
13.4	Wpływ wzniesienia średniego poziomu wody	328
14	Dyfuzja i błędzenie przypadkowe	331
14.1	Wprowadzenie	331
14.2	Dyfuzja zanieczyszczeń w strefie brzegowej	331
14.2.1	Współczynniki dyfuzji turbulენტnej	332
14.2.2	Wpływ czynników dynamicznych i biologicznych	333
14.3	Dyfuzja w eksperymentach laboratoryjnych	333
14.3.1	Dyfuzja traseru uwalnianego z mikropipety	333
14.3.2	Dyfuzja cieczy w zbiornikach o różnej koncentracji	334
14.3.3	Dyfuzja w pobliżu sfer pochłaniających	335
14.3.4	Dyfuzja w pobliżu płaskiego dysku pochłaniającego	337
14.3.5	Znaczenie dyfuzji w mechanizmach przechwytywania	338
14.4	Opadanie larw w wodzie	341
14.5	Modyfikacje równań dyfuzji	343
15	Wymiana na styku ocean – atmosfera	345
15.1	Wprowadzenie	345
15.2	Wymiana gazów	346
15.3	Aerozole morskie	348
15.3.1	Mechanizmy produkcji aerozolu morskiego	349
15.3.2	Parametryzacja strumieni aerozolu morskiego	350
15.3.3	Zależność strumieni aerozoli od stanu morza	354
15.3.4	Sezonowe zmiany produkcji aerozolu w Bałtyku	357
15.4	Wpływ dynamiki systemu ocean – atmosfera na klimat	358
15.4.1	Zmiany w bilansie cieplnym i w zasoleniu oceanów	358
15.4.2	Wpływ cyrkulacji termohalinowej na klimat	359
16	Wpływ dynamiki wód na biologię	363
16.1	Wprowadzenie	363
16.2	Wpływ prądów wznoszących	363
16.3	Fronty oceaniczne i produkcja biologiczna	367
16.4	Struktura wód a dynamika planktonu	370
16.4.1	Plamy planktonu w górnej warstwie oceanu	370
16.4.2	Stratyfikacja wód a rozkład fitoplanktonu	372
16.4.3	Mieszanie a produkcja pierwotna w Bałtyku	374
16.4.4	Sezonowa dynamika planktonu w Bałtyku	375
16.4.5	Relacja drapieżnik – ofiara w ośrodku turbulentnym	376
Część IV. Procesy hydrodynamiczne a inżynieria morska		381

17 Pełnomorskie budowle inżynierskie	383
17.1 Wprowadzenie	383
17.2 Wpływ prądów oraz falowania na kolumny pionowe	385
17.2.1 Konstrukcje o małych rozmiarach	385
17.2.2 Konstrukcje o dużych rozmiarach	387
17.3 Rurociągi podmorskie	388
17.3.1 Obciążenia hydrodynamiczne rurociągu	389
17.3.2 Wpływ rurociągu na środowisko morskie	389
18 Brzegowe budowle inżynierskie	393
18.1 Wprowadzenie	393
18.2 Erozja wokół kolumn pionowych	394
18.3 Erozja raf koralowych	396
18.3.1 Klimat falowy wokół rafy	396
18.3.2 Inżynieria i ekologia na rafach koralowych	397
Dodatki	401
A System miar SI i wybrane funkcje	403
A.1 Międzynarodowy system miar	403
A.1.1 Wielkości podstawowe	403
A.1.2 Wielkości pokrewne	404
A.2 Wielkości wektorowe i operacje na wektorach	405
A.3 Wybrane funkcje matematyczne	407
A.4 Niektóre funkcje i całki	408
A.4.1 Całka prawdopodobieństwa	408
A.4.2 Funkcja błędu	409
A.5 Szereg Fibonacciego	409
B Obróbka danych eksperymentalnych	411
B.1 Metody pomiarów oceanograficznych	411
B.1.1 Pomiar stacjonarny prądów	412
B.1.2 Pomiar falowania	413
B.1.3 Pomiar temperatury i zasolenia	414
B.1.4 Pomiary satelitarne	415
B.1.5 Pomiar koncentracji osadów zawieszonych	415
B.2 Podstawy analizy wymiarowej	416
B.3 Analiza spektralna i statystyczna szeregów czasowych	418
B.3.1 Próbkowanie danych eksperymentalnych	418
B.3.2 Usuwanie trendu i filtrowanie danych	419
B.3.3 Obliczanie widm częstotliwościowych	420
B.3.4 Statystyka szeregów czasowych	422
B.4 Charakterystyczne wartości statystyczne	423
B.4.1 Miary skupienia	423
B.4.2 Miary rozproszenia	424
B.4.3 Miary korelacji w zbiorze danych empirycznych	425
B.5 Estymacja parametrów statystycznych	425
B.6 Regresja wielowymiarowa	427

C	Przykłady obliczeń praktycznych	431
C.1	Gęstość wody morskiej	431
C.2	Profil częstotliwości Väisälä-Brunta	434
C.3	Prędkość opadania cząstek	434
C.4	Parametry fal regularnych	436
C.5	Wysokość fali w strefie załamania	437
C.6	Zmiany średniego poziomu morza w strefie przyboju	438
C.7	Fale w sąsiedztwie linii brzegowej	438
C.8	Fale według teorii nieliniowej	439
C.9	Autokorelacja i widmo częstotliwościowe	439
C.10	Wysokość fali wiatrowej w zatoce	439
C.11	Profil gęstości w fali wewnętrznej	440
C.12	Fala wewnętrzna nad progiem podwodnym	441
C.13	Spirala oraz transport Ekmana w Bałtyku	443
C.14	Prędkość prądu wzdłużbrzegowego	444
C.15	Zrzut zanieczyszczeń do wody płynącej	445
C.16	Ciągły dopływ zanieczyszczeń do morza	446
C.17	Plama zanieczyszczeń na płynącej wodzie	447
C.18	Wzdłużbrzegowy transport osadów	449
C.19	Prędkości wód pod poziomym dnem	450
C.20	Ciśnienia i prędkości wód porowych wokół pojedynczej formy dennej	451
C.21	Potencjał prędkości dla ruchu falowego nad dnem pofałdowanym	455
	Literatura	459
	Indeks autorów	479
	Indeks rzeczowy	489
	Kolorowe ryciny	497