

Aleksander Kołodziejczyk, Aleksandra Kołodziejczyk

**Substancje groźne,  
niebezpieczne  
i pożyteczne**

---

**Tom 2**

**Związki organiczne**

---

**Aleksander Kołodziejczyk, Aleksandra Kołodziejczyk**  
***Substancje groźne, niebezpieczne i pożyteczne***  
**Tom II. Związki organiczne**

**Recenzenci: prof. dr hab. inż. Jan Biernat**  
**prof. dr hab. Zbigniew Szewczuk**

© Copyright by Aleksander Kołodziejczyk, Wydział Chemiczny Politechniki Gdańskiej, 2023

Współpraca wydawnicza: Łukasiewicz – Instytut Technologii Eksploatacji, Radom

ISBN 978-83-7789-715-7

Publikacja sfinansowana ze środków Wydziału Chemicznego Politechniki Gdańskiej

Projekt okładki: Marta Pobereszko

Opracowanie wydawnicze: Iwona Nitek, Karol Alichnowicz, Joanna Iwanowska



Łukasiewicz – Instytut Technologii Eksploatacji

Wydawnictwo Naukowe

26-600 Radom, ul. K. Pułaskiego 6/10, tel. centr. (48) 364 42 41

e-mail: [instytut@itee.lukasiewicz.gov.pl](mailto:instytut@itee.lukasiewicz.gov.pl)

<http://www.itee.lukasiewicz.gov.pl>

# SPIS TREŚCI

WYKAZ SKRÓTÓW I AKRONIMÓW .....	14
WPROWADZENIE .....	19
<b>1. WĘGLOWODORY</b> .....	<b>23</b>
1.1. Różnorodność węglowodorów .....	23
1.2. Występowanie węglowodorów .....	25
1.2.1. Gaz ziemny .....	25
1.2.2. Ropa naftowa .....	26
1.2.3. Węglowodory roślinne .....	27
1.2.4. Feromony węglowodorowe .....	28
1.3. Pozyskiwanie węglowodorów .....	28
1.3.1. Synteza alkanów .....	30
1.3.2. Otrzymywanie alkenów .....	32
1.3.3. Otrzymywanie alkinów .....	32
1.3.4. Otrzymywanie arenów .....	33
1.4. Grupy węglowodorów .....	33
1.4.1. Węglowodory alifatyczne nasycone .....	33
1.4.2. Cykliczne węglowodory alifatyczne (cykloalkany, nafteny).....	34
1.4.3. Alkeny .....	35
1.4.4. Alkiny .....	35
1.4.5. Areny (węglowodory aromatyczne) .....	36
1.5. Fizykochemiczne właściwości węglowodorów .....	38
1.6. Chemiczne właściwości węglowodorów .....	38
1.7. Zastosowanie węglowodorów .....	42
1.8. Najpopularniejsze produkty węglowodorowe .....	42
1.8.1. Gaz ziemny .....	42
1.8.2. Propan-butan .....	43
1.8.3. Benzyna .....	44
1.8.4. Nafta .....	46
1.8.5. Olej napędowy .....	47
1.8.6. Oleje smarowe .....	48
1.8.7. Olej parafinowy, wazelina, parafina .....	49
1.8.8. Asfalt .....	49
1.8.9. Inne produkty węglowodorowe .....	50
1.9. Najpopularniejsze węglowodory .....	50
1.9.1. Najpopularniejsze alkany .....	50
1.9.2. Najpopularniejsze alkeny .....	52
1.9.3. Najpopularniejsze alkiny .....	57
1.9.4. Najpopularniejsze areny .....	59
1.10. Fizjologiczne działanie węglowodorów .....	64
1.10.1. Fizjologiczne działanie arenów jednopierścieniowych .....	65
1.10.2. Fizjologiczne działanie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych .....	66
1.10.3. Fizjologiczne oddziaływanie asfaltu .....	70



1.11.	Zagrożenie środowiskowe powodowane przez węglowodory .....	70
1.12.	Tragiczne zdarzenia z udziałem węglodorów.....	72
1.12.1.	Pożary i wybuchy gazu ziemnego oraz płynnego.....	72
1.12.2.	Transport ropy i produktów ropopochodnych .....	75
1.12.3.	Zdarzenia w tunelach .....	77
1.12.4.	Kolejowy transport produktów ropopochodnych .....	78
1.12.5.	Morski transport produktów ropopochodnych.....	78
1.12.6.	Awarie ropo- i gazociągów .....	80
1.12.7.	Awarie morskich wież wiertniczych .....	83
1.12.8.	Pożary pól naftowych .....	85
1.12.9.	Awarie w rafineriach ropy naftowej.....	85
1.12.10.	Eksplozje w kopalniach węgla.....	87
1.12.11.	Nieszczęśliwe wypadki spowodowane wybuchem węglodorów, niewykorzystywanych jako źródła energii .....	90
1.12.12.	Podpalanie samochodów.....	91
1.12.13.	Inne zdarzenia .....	92
1.12.14.	Gazy cieplarniane. Ślad węglowy .....	93
	Literatura źródłowa i uzupełniająca .....	94
<b>2.</b>	<b>HALOGENOWĘGLOWODORY .....</b>	<b>97</b>
2.1.	Halogenki organiczne .....	97
2.2.	Występowanie halogenowęgłodorów .....	97
2.3.	Otrzymywanie halogenowęgłodorów .....	100
2.4.	Fizykochemiczne właściwości halogenowęgłodorów .....	103
2.5.	Chemiczne właściwości halogenowęgłodorów .....	103
2.6.	Zastosowanie halogenowęgłodorów .....	104
2.7.	Halogenowęgłodory alifatyczne .....	105
2.8.	Halogenoorganiczne środki owadobójcze .....	124
2.9.	Teflon .....	130
2.10.	Kwas perfluorooktanowy .....	133
2.11.	Halogenowęgłodory zawierające układ aromatyczny .....	133
2.12.	Aromatyczne związki halogenoorganiczne .....	136
2.13.	Degradacja środowiska naturalnego pod wpływem tworzyw syntetycznych .....	147
	Literatura źródłowa i uzupełniająca .....	148
<b>3.</b>	<b>ALKOHOLE .....</b>	<b>151</b>
3.1.	Wprowadzenie .....	151
3.2.	Występowanie alkoholi.....	152
3.3.	Fizykochemiczne właściwości alkoholi .....	154
3.4.	Chemiczne właściwości alkoholi.....	156
3.5.	Ważniejsze alkohole .....	157
3.5.1.	Metanol .....	157
3.5.2.	Etanol.....	167
3.5.3.	Napoje alkoholowe w historii ludzkości.....	174
3.5.4.	Groźne skutki picia etanolu .....	188
3.6.	Inne alkohole .....	197
3.6.1.	Alkohole propylowe.....	197
3.6.2.	Alkohole butylowe.....	201
3.6.3.	Alkohole pentylowe.....	204



3.6.4.	Alkohole heksylowe.....	206
3.6.5.	Alkohole tłuszczowe, alkohole lipidowe .....	207
3.7.	Sterole i stanole .....	208
3.7.1.	Fizjologiczna rola cholesterolu i lanosterolu .....	209
3.7.2.	Sterole roślinne (fitosterole).....	210
3.7.3.	Zoosterole .....	210
3.7.4.	Lanolina .....	211
3.7.5.	Mykosterole .....	212
3.8.	Alkohole terpenowe.....	212
3.9.	Glikole i alkohole polihydroksylowe (poliole).....	216
3.10.	Alkohole cukrowe (cukrole).....	232
3.11.	Inozytyle .....	238
3.12.	Alkohole aromatyczne.....	239
	Literatura źródłowa i uzupełniająca.....	242
<b>4.</b>	<b>ENOLE I FENOLE.....</b>	<b>245</b>
4.1.	Enole .....	245
4.2.	Fenole.....	246
4.2.1.	Występowanie fenoli.....	246
4.2.2.	Chemiczne właściwości fenoli.....	248
4.2.3.	Fizjologiczne działanie fenoli.....	252
4.2.4.	Najpopularniejsze fenole .....	252
4.2.5.	Bisfenole .....	266
4.2.6.	Estradiol i inne związki estrogenne aktywne.....	269
4.2.7.	Tyrozyna .....	271
4.2.8.	Nitrofenole .....	272
4.2.9.	Dihydroksybenzeny .....	278
4.2.10.	Alkilofenole naturalne .....	282
4.2.11.	Trihydroksybenzeny.....	284
4.2.12.	Chlorofenole .....	285
4.2.13.	Naftole.....	296
4.2.14.	Polifenole naturalne (roślinne).....	297
4.2.15.	Flawonoidy .....	302
4.2.16.	Antocyjanidyny.....	305
	Literatura źródłowa i uzupełniająca .....	308
<b>5.</b>	<b>ETERY I NADTLENKI ALKILOWE.....</b>	<b>311</b>
5.1.	Wprowadzenie .....	311
5.2.	Eter – piąty żywioł w starogreckiej filozofii.....	312
5.3.	Występowanie eterów .....	313
5.4.	Nazewnictwo eterów .....	313
5.5.	Otrzymywanie eterów.....	314
5.6.	Fizykochemiczne właściwości eterów.....	315
5.7.	Chemiczne właściwości eterów .....	315
5.8.	Najpopularniejsze etery alifatyczne.....	316
5.9.	Polietyery alifatyczne i hydroksyetyery .....	326
5.10.	Etery cykliczne .....	335
5.11.	Najpopularniejsze epoksydy.....	336



5.12.	Polichlorodibenzodioskyny (dioksyny, PCDDs).....	344
5.12.1.	Szkodliwe działanie dioksyn .....	348
5.12.2.	Polichlorodibenzofurany (PCDF).....	350
5.13.	Etery koronowe.....	351
5.14.	Etery aromatyczne .....	353
5.15.	Etery i nadetlenki alkilowe występujące w naturze .....	357
	Literatura źródłowa i uzupełniająca .....	361
<b>6.</b>	<b>ALDEHYDY I KETONY – ZWIĄZKI KARBONYLOWE.....</b>	<b>363</b>
	Wprowadzenie.....	363
6.1.	Aldehydy .....	363
6.1.1.	Nazewnictwo aldehydów .....	364
6.1.2.	Otrzymywanie aldehydów .....	364
6.1.3.	Właściwości fizykochemiczne aldehydów .....	366
6.1.4.	Właściwości chemiczne aldehydów .....	366
6.1.5.	Najpopularniejsze aldehydy.....	369
6.1.6.	Hydroksyaldehydy alifatyczne.....	377
6.1.7.	Oksoaldehydy .....	379
6.1.8.	Aldehydy – nośniki zapachu.....	379
6.1.9.	Aldehydy aromatyczne .....	381
6.1.10.	Hydroksymetylofurfural w żywności .....	388
6.2.	Ketony.....	389
6.2.1.	Ciała ketonowe.....	390
6.2.2.	Nazewnictwo ketonów .....	391
6.2.3.	Otrzymywanie ketonów .....	392
6.2.4.	Właściwości ketonów .....	392
6.2.5.	Najpopularniejsze ketony.....	396
6.2.6.	Zabójcza matka szatana .....	398
6.2.7.	Ketony terpenowe .....	402
6.2.8.	Absynt .....	405
6.2.9.	Jonony .....	407
6.2.10.	Ketony o szczególnym znaczeniu dla przemysłu perfumeryjnego .....	409
6.2.11.	Ketony aromatyczne .....	414
	Literatura źródłowa i uzupełniająca .....	419
<b>7.</b>	<b>KWASY KARBOKSYLOWE.....</b>	<b>421</b>
7.1.	Wprowadzenie .....	421
7.2.	Występowanie kwasów karboksylowych .....	422
7.3.	Nazewnictwo kwasów karboksylowych.....	424
7.4.	Otrzymywanie kwasów karboksylowych.....	426
7.5.	Właściwości fizykochemiczne kwasów karboksylowych .....	429
7.6.	Właściwości chemiczne kwasów karboksylowych .....	431
7.7.	Najpopularniejsze kwasy alkanokarboksylowe.....	432
7.7.1.	Ocet.....	438
7.8.	Kwasy tłuszczowe .....	451
7.8.1.	Kwas masłowy jako narzędzie ataków .....	454
7.8.2.	Rola lotnych i krótkołańcuchowych kwasów karboksylowych (tłuszczowych, LKT) w stymulowaniu układu odpornościowego.....	456
7.8.3.	Oleje MCT (glicerydy średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych) .....	460

7.8.4.	Olej kokosowy .....	462
7.8.5.	Nienasycone, alifatyczne kwasy monokarboksyłowe .....	469
7.8.6.	Mononienasycone kwasy tłuszczowe .....	475
7.8.7.	Polienowe kwasy tłuszczowe .....	482
7.8.8.	Oddziaływanie kwasów tłuszczowych <i>trans</i> na zdrowie człowieka .....	489
7.9.	Prostanoidy (ejkozanoidy, prostaglandyny, prostacykliny, tromboksany, leukotrieny) .....	491
7.10.	Cykloalifatyczne kwasy karboksylowe .....	493
7.11.	Kwasy żywiczne .....	493
7.12.	Aromatyczne kwasy karboksylowe .....	494
7.13.	Kwasy di- i polikarboksylowe .....	496
7.14.	Podstawione kwasy karboksylowe .....	504
7.14.1.	Kwasy halogenokarboksylowe .....	504
7.14.2.	Kwasy hydroksykarboksylowe i alkoksykarboksylowe .....	511
7.14.3.	Fizjologiczne i rekreacyjne działanie kwasu $\gamma$ -hydroksymasłowego .....	517
7.15.	Karboksylowe pochodne cukrów .....	523
7.15.1.	Kwasy onowe .....	523
7.15.2.	Kwasy uronowe .....	524
7.15.3.	Kwasy arowe (dawniej cukrowe) .....	525
7.16.	Aromatyczne kwasy hydroksykarboksylowe .....	525
7.17.	Kwasy polifenolowe .....	529
7.18.	Oksokwasy karboksylowe .....	531
7.19.	Fenyloketonuria .....	539
7.20.	Aminokwasy .....	540
	Literatura źródłowa i uzupełniająca .....	541
<b>8.</b>	<b>POCHODNE KWASÓW KARBOKSYLOWYCH. Halogenki kwasowe i O-pochodne .....</b>	<b>543</b>
8.1.	Wprowadzenie .....	543
8.2.	Halogenki kwasowe .....	544
8.2.1.	Najpopularniejsze halogenki kwasowe .....	546
8.3.	Bezwodniki kwasowe .....	553
8.3.1.	Najpopularniejsze bezwodniki kwasowe .....	556
8.3.2.	Hiszpańska mucha (muszka) .....	561
8.3.3.	Bezwodniki mieszane (niesymetryczne) .....	562
8.4.	Estry .....	563
8.4.1.	Otrzymywanie estrów .....	564
8.4.2.	Chemiczne właściwości estrów kwasów karboksylowych .....	566
8.4.3.	Najpopularniejsze estry kwasów karboksylowych .....	568
8.4.4.	Estry kwasów tłuszczowych .....	583
8.4.5.	Wielorybność .....	585
8.4.6.	Zastosowanie palmitynianu cetylu w kosmetyce .....	586
8.4.7.	Woski .....	588
8.4.8.	Estry kwasów aromatycznych .....	590
8.4.9.	Estry kwasów dikarboksylowych .....	592
8.4.10.	Najpopularniejsze estry kwasów di- i polikarboksylowych .....	592
8.4.11.	Estry kwasu ftalowego .....	594
8.4.12.	Estry hydroksykwasów .....	597

8.4.13.	Parabeny w produktach powszechnego użycia.....	599
8.4.14.	Laktydy i laktony .....	601
8.4.15.	$\gamma$ -Butyrolakton jako kropelki gwałtu .....	605
8.4.16.	Kumaryna i jej analogi .....	608
8.4.17.	Cynamon to nie tylko przyprawa .....	610
8.4.18.	Konfiguracja witaminy C .....	614
8.4.19.	Fizjologiczne działanie kwasu askorbinowego .....	615
8.4.20.	Aflatoksyny .....	616
8.4.21.	Laktony zapachowe .....	619
8.4.22.	Laktony wielopierścieniowe .....	621
8.4.23.	Makrolidy .....	622
8.5.	Estry kwasów nieorganicznych .....	622
8.5.1.	Azotany(III) alkilowe .....	623
8.5.2.	Poppers.....	624
8.5.3.	Azotany(V) alkilowe.....	625
8.5.4.	Pentryt w rękach terrorystów .....	632
8.5.5.	Estry kwasu siarkowego .....	635
8.5.6.	Estry kwasu fosforowego(V) .....	638
8.5.7.	Estry kwasu węglowego .....	640
8.5.8.	Estry kwasu krzemowego .....	641
	Literatura źródłowa i uzupełniająca .....	644
<b>9.</b>	<b>POCHODNE KWASÓW KARBOKSYLOWYCH. N-pochodne.....</b>	<b>647</b>
9.1.	Amidy .....	647
9.1.1.	Występowanie amidów .....	648
9.1.2.	Otrzymywanie amidów .....	649
9.1.3.	Fizykochemiczne właściwości amidów .....	650
9.1.4.	Chemiczne właściwości amidów .....	651
9.1.5.	Najpopularniejsze amidy .....	652
9.1.6.	Peptydy i białka.....	661
9.2.	Imidy.....	662
9.3.	Ureidy .....	667
9.3.1.	Najpopularniejsze ureidy .....	667
9.3.2.	Barbiturany .....	670
9.4.	Uretany .....	674
9.4.1.	Poliuretany (PUR).....	676
9.5.	Kwasy hydroksamowe.....	677
9.6.	Hydrazydy .....	680
9.7.	Karbodimidy .....	684
9.8.	Nitryle (cyjanki organiczne).....	685
	Literatura źródłowa i uzupełniająca .....	692
<b>10.</b>	<b>AMINY.....</b>	<b>695</b>
10.1.	Wprowadzenie .....	695
10.2.	Występowanie amin.....	696
10.3.	Otrzymywanie amin .....	697
10.4.	Właściwości fizykochemiczne i fizjologiczne amin .....	699
10.5.	Chemiczne właściwości amin.....	700
10.6.	Aminy alifatyczne, aromatyczne i heterocykliczne.....	703
10.7.	Najpopularniejsze aminy alifatyczne.....	704
10.8.	Diaminy i poliamidy alifatyczne .....	720



10.9.	Aminy alicykliczne.....	725
10.10.	Heksogen w rękach terrorystów .....	733
10.11.	Aminy zawierające reszty nienasycone lub aromatyczne .....	734
10.12.	Enaminy .....	736
10.13.	Aminy aromatyczne.....	737
10.14.	Heterocykliczne związki aromatyczne zawierające jeden lub więcej atomów azotu .....	740
10.15.	Najpopularniejsze heterocykle zawierające atom lub atomy azotu.....	741
10.16.	Aminy wielofunkcyjne .....	747
10.17.	Ketamina jako narkotyk i lek.....	749
10.18.	Melamina.....	752
	Literatura źródłowa i uzupełniająca .....	754
<b>11.</b>	<b>NITROZWIĄZKI.....</b>	<b>757</b>
11.1.	Wprowadzenie .....	757
11.2.	Występowanie nitrozwiązków .....	758
11.3.	Otrzymywanie nitrozwiązków .....	758
11.4.	Właściwości fizykochemiczne nitrozwiązków .....	760
11.5.	Właściwości chemiczne nitrozwiązków .....	761
11.6.	Zastosowanie nitrozwiązków.....	763
11.7.	Najpopularniejsze nitrozwiązki.....	763
11.8.	Nitrozwiązki organiczne stosowane jako leki .....	782
	Literatura źródłowa i uzupełniająca .....	783
<b>12.</b>	<b>ZWIĄZKI SIARKOORGANICZNE.....</b>	<b>785</b>
12.1.	Występowanie związków siarkoorganicznych .....	785
12.2.	Tiole.....	787
12.2.1.	Nazewnictwo tioli.....	788
12.2.2.	Otrzymywanie tioli .....	788
12.2.3.	Właściwości tioli.....	789
12.2.4.	Najpopularniejsze tiole .....	790
12.2.5.	Nawanianie paliw gazowych .....	792
12.3.	Sulfidy (tioetery, siarczki organiczne).....	801
12.3.1.	Najpopularniejsze sulfidy.....	802
12.3.2.	Iperyt.....	807
12.4.	Disulfidy i polisulfidy .....	810
12.5.	Sulfotlenki .....	814
12.6.	Prozdrowotne właściwości czosnku .....	817
12.7.	Modafinil – doping dla mózgu.....	821
12.8.	Sulfony.....	822
12.9.	Kwasy sulfonowe .....	826
12.9.1.	Alifatyczne kwasy sulfonowe.....	827
12.9.2.	Aromatyczne kwasy sulfonowe .....	829
12.9.3.	Historia sacharyny .....	834
12.9.4.	Polisulfonowanie naftalenu .....	836
12.10.	Sulfonamidy.....	836
12.10.1.	Odkrycie chemoterapeutycznych właściwości sulfonamidów .....	838
	Literatura źródłowa i uzupełniająca .....	842

<b>13. ZWIĄZKI FOSFOROORGANICZNE .....</b>	<b>845</b>
13.1. Wprowadzenie .....	845
13.2. Fosfiny, alkilo- i arylofosfory .....	847
13.3. Fizykochemiczne właściwości fosfin .....	847
13.4. Chemiczne właściwości fosfin .....	847
13.5. Najpopularniejsze fosfiny .....	849
13.6. Tlenowe związki fosforoorganiczne .....	853
13.7. Najbardziej znane tlenowe związki fosforoorganiczne .....	855
13.8. Fosforoorganiczne pestycydy .....	856
13.9. Najpopularniejsze herbicydy fosforoorganiczne .....	857
13.10. Fosforoorganiczne bojowe środki chemiczne .....	866
13.10.1. Wprowadzenie .....	866
13.10.2. Konwencja o Zakazie broni chemicznej .....	867
13.10.3. Odkrycie fosforoorganicznych bojowych środków chemicznych .....	868
13.10.4. Najgroźniejsze bojowe środki chemiczne .....	870
13.11. Fosforoorganiczne leki .....	877
13.12. Fosfolipidy (fosfatydy) .....	880
Literatura źródłowa i uzupełniająca .....	887
<b>14. ZWIĄZKI METALOORGANICZNE .....</b>	<b>889</b>
14.1. Wprowadzenie .....	889
14.2. Związki metaloorganiczne z metalami grupy 1. układu okresowego pierwiastków .....	890
14.2.1. Związki litoorganiczne .....	890
14.2.2. Związki sodooorganiczne .....	894
14.3. Związki metaloorganiczne z metalami grupy 2. układu okresowego pierwiastków .....	895
14.3.1. Związki magnezooorganiczne (związki Grignarda, ZG) .....	895
14.3.2. Związki wapnioorganiczne .....	898
14.4. Związki metaloorganiczne z metalami grupy 12. układu okresowego pierwiastków .....	899
14.4.1. Związki cynkooorganiczne .....	900
14.4.2. Związki kadmioorganiczne .....	901
14.4.3. Związki rtęcioorganiczne .....	902
14.5. Związki metaloorganiczne z metalami grupy 13. układu okresowego pierwiastków .....	913
14.5.1. Związki boroorganiczne .....	914
14.5.2. Związki glinoorganiczne .....	916
14.6. Związki metaloorganiczne metali grupy 14. układu okresowego pierwiastków .....	919
14.6.1. Związki germanooorganiczne .....	919
14.6.2. Związki cynooorganiczne, stannany .....	919
14.6.3. Związki ołowioorganiczne, plumbany .....	926
14.6.4. Związki arsenooorganiczne .....	931
Literatura źródłowa i uzupełniająca .....	935
<b>SKOROWIDZ .....</b>	<b>937</b>

# WYKAZ SKRÓTÓW I AKRONIMÓW

- 1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup> – oznaczanie rzędowości; odpowiednio grupa pierwszorzędowa, drugorzędowa i trzeciorzędowa
- AA – kwas arachidonowy, C20:4 (5c, 8c, 11c, 14c) (ang. *arachidonic acid*)
- ABE – (Aceton-Butanol-Etanol), określenie fermentacji acetonowo-butanowej, jednego ze sposobów otrzymywania butan-1-olu
- Ac – acetyl, acyl kwasu octowego
- AChE – acetylocholinoesteraza
- ACP – białkowy nośnik grup acylowych
- AcPhe – acetylo-L-feniloalanina
- ADH – dehydrogenaza alkoholowa (ang. *alcohol dehydrogenase*)
- AFs – aflatoksyny
- ALA – kwas  $\alpha$ -linolenowy (ang. *alpha-linolenic acid*)
- ARA – kwas arachidonowy, C20:4 (5c, 8c, 11c, 14c) (ang. *arachidonic acid*)
- ALDH – dehydrogenaza aldehydowa (ang. *aldehyde dehydrogenase*)
- ASA – aspiryna (ang. *acetylsalicylic acid*)
- BaP – benzo(a)piren
- BD – butano-1,4-diol (ang. *butane-1,4-diol*)
- b.d. – brak danych
- BLEVE – wybuch rozszerzających się par wrzącej cieczy (ang. *Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion*); dochodzi do niego w przypadku nagłego wycieku łatwopalnej cieczy, w temperaturze wyższej od temperatury jej wrzenia pod normalnym ciśnieniem i ewentualnie powyżej temperatury zapłonu
- BOP – heksafluorofosforan tris(dimetyloamino)-1-benzotriazoliloksyfosfoniowy, odczynnik sprzęgający
- BPA – bisfenol A (ang. *bisphenol A*)
- BST – bojowe środki trujące
- CLA – sprzężony (skoniugowany) kwas linolowy, C18:2 (9c, 11t) (ang. *conjugated linoleic acid*)
- CoA – koenzym A
- CO<sub>2e</sub> – suma wszystkich wyemitowanych gazów cieplarnianych, wyrażona w postaci ekwiwalentu CO<sub>2</sub>
- cP – centypuaz, 1/100 jednostki puaz (P) służącej do oznaczania lepkości dynamicznej w układzie CGS, 1 P = 1 dyn·s/cm<sup>2</sup> = 1 g·cm<sup>-1</sup>·s<sup>-1</sup>; nazwa wywodzi się od nazwiska francuskiego fizyka i lekarza Jeana L. Poiseuille'a
- c<sub>th</sub> – próg wyczuwalności zapachu (stężenie odorantu)
- CUN – centralny układ nerwowy
- DBP/DBF – ftalan dibutyli
- DCC – dicykloheksylokarbodiimid, odczynnik sprzęgający stosowany do otrzymywania amidów (peptydów)

- DHA – kwas cerwonowy, kwas (*all-Z*)-dokoza-4,7,10,13,16,19-heksaenowy, (ang. *docosahexaenoic acid*)
- DME – eter dimetylowy, metoksymetan (ang. *dimethyl ether*)
- DMF – dimetyloformamid, polarny rozpuszczalnik aprotyczny
- DMFB – 2,4-dinitrofluorobenzen
- DMFC – bezpośrednio metanolowe ogniwa paliwowe (ang. *Direct Methanol Fuel Cell*)
- DMSO – dimetylosulfotlenek, polarny rozpuszczalnik aprotyczny
- DNP – 2,4-dinitrofenol
- DTBP – nadtlenek di-*tert*-butylu (ang. *di-tert-butyl peroxide*)
- EDG – podstawnik elektrodonorowy (ang. *Electron-donating group*)
- e.e. – nadmiar enancjomeryczny (ang. *enantiomeric excess*)
- EFA – niezbędne kwasy tłuszczowe (ang. *essentials fatty acids*)
- EPA – kwas eikozapentaenowy, kwas (*all-Z*)-dokoza-5,8,11,14,17-pentaenowy, (ang. *eikosapentanoic acid*)
- ERG – ergosterol
- ETBE – 2-etoksy-2-metylopropan, eter *tert*-butylowo-etylowy (ang. *ethyl tert-butyl ether*)
- ETBM – eter *tert*-butylowo-metylowy (ang. *tert-butyl methyl ether*)
- EWG – podstawnik elektronoakceptorowy (ang. *electron withdrawing group*)
- FA – kwasy tłuszczowe (ang. *fatty acid*)
- FAS – alkoholowy zespół płodowy (ang. *fetal alcohol syndrom*)
- FDA – Amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków (ang. *Food and Drug Administration*)
- FOST – fosforoorganiczne środki trujące
- FR – opóźniacze palenia (ang. *flame retardant*)
- GABA – kwas  $\gamma$ -aminomasłowy (ang.  *$\gamma$ -aminobutyric acid*)
- GBL – lakton kwasu  $\gamma$ -hydroksymasłowego,  $\gamma$ -butyrolakton (ang. *butyrolactone*)
- GHB – kwas  $\gamma$ -hydroksymasłowy, 4-hydroksybutanowy (ang.  *$\gamma$ -hydroxybutyric acid*)
- GHV – kwas  $\gamma$ -hydroksywalerianowy (ang.  *$\gamma$ -hydroxyvaleric acid*)
- GIS – Główny Inspektor Sanitarny
- GLA – kwas  $\gamma$ -linolenowy
- GTM – określenie technologii przekształcania glicerolu w metanol (ang. *glycerol-to-methanol*)
- GVL – lakton kwasu  $\gamma$ -hydroksywalerianowego (ang.  *$\gamma$ -valerolactone*)
- HBTU – heksafluorofosforan 2-(1-benzotriazolilo)-1,1,3,3-tetrametylouroniowy
- HDO – glikol sześciometylenowy (1,6-dihydroksyheksan)
- HOBt – *N*-hydroksybenzotriazol
- HMPA – heksametylofosforoamid, polarny rozpuszczalnik aprotyczny
- HPLC – wysokosprawna chromatografia cieczowa (ang. *high performance liquid chromatography*)
- IARC – Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (ang. *International Agency for Research on Cancer*)
- ICHPW – Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze
- KT – kwasy tłuszczowe

- KWK – kopalnia węgla kamiennego
- LC<sub>50</sub> – średnie stężenie śmiertelne, oznaczające śmierć 50% zwierząt doświadczalnych przy odpowiedniej dawce
- LCFA – długołańcuchowe kwasy tłuszczowe (ang. *long-chain fatty acids*)
- LCT – triglicerydy (tłuszcze) zawierające długołańcuchowe kwasy tłuszczowe (ang. *long-chain triglycerides*)
- LCt<sub>50</sub> – średnie stężenie śmiertelne, oznaczające śmierć 50% zwierząt doświadczalnych w określonym czasie „t”
- LeuOEt – ester etylowy L-leucyny
- LeuOMe – ester metylowy L-leucyny
- LKT – lotne kwasy tłuszczowe
- LO – liczba oktanowa
- LPG – gaz płynny (ciekły), mieszanina propanu i butanów (ang. *liquefied petroleum gas*)
- m.c. – masa ciała
- MCT – glicerydy średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych (ang. *medium chain triglycerides*)
- MDMA – 3,4-metylenodioksymetamfetamina, narkotyk, główny składnik ekstazy;
- MeOH – metanol
- MCFA – średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe (ang. *medium-chain fatty acids*)
- MCT – triglicerydy (tłuszcze) zawierające średniej długości kwasy tłuszczowe (*medium-chain triglycerides*)
- MMA – metakrylan metylu (ang. *methyl methacrylate*)
- MTBE – 2-metoksy-2-metylopropan, eter *tert*-butylowo-metylowy (ang. *methyl tert-butyl ether*)
- NATO – Organizacja Traktatu Północnoatlantyckiego (ang. *North Atlantic Treaty Organization*)
- NDS – najwyższe dopuszczalne stężenie
- NDSch – najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe
- NLPZ – niesteroidowe leki przeciwzapalne
- NNKT – niezbędne, nienasycone kwasy tłuszczowe
- NPs – nonylofenole (ang. *nonylphenols*)
- ODP – potencjał niszczenia warstwy ozonowej (ang. *Ozone Depletion Potential*)
- ON – olej napędowy
- OPC – chloroorganiczne pestycydy (ang. *organochlorine pesticides*)
- OPEC – Międzynarodowa Organizacja Krajów Eksporterów Ropy Naftowej (ang. *Organization of the Petroleum Exporting Countries*)
- OUN – ośrodkowy układ nerwowy
- PAA – kwas nadoctowy (ang. *peracetic acid*)
- PAHs – policykliczne węglowodory aromatyczne (ang. *polycyclic aromatic hydrocarbons*)
- Palm – reszta acylowa kwasu palmitynowego, palmitoil
- Ph – fenyl (ang. *phenyl*)
- PC – poliwęglan
- PCBs/PCB – polichlorowane bifenyle (ang. *polychlorinated biphenyls*)

- PCC – chlorochromian pirydyny (odczynnik Coreya) (ang. *pyridium chlorochromate*)
- PCDDs/PCDD – polichlorodibenzodiodksyny (ang. *polychlorinated dibenzodioxines*)
- PCDFs/PCDF – polichlorodibenzofurany (ang. *polychlorinated dibenzofurans*)
- PCW/PVC – poli(chlorek winylu) (ang. *polyvinyl chloride*)
- PEG – poli(tlenek etylenu) (ang. *polyethylene glycol*)
- PETN – pentaerytryt, tetraazotan pentaerytrytylu (ang. *pentaerythritol tetranitrate*)
- PFOA – kwas perfluorooktanowy (ang. *perfluorooctanoic acid*)
- POPs – ang. *persistent organic pollutants* (po polsku TZO – trwałe zanieczyszczenia organiczne)
- PLA – polilaktyd, poli(kwas mlekowy) (ang. *polylactic acid*)
- p.o. – doustnie (*per os*)
- PM – cząstki stałe (ang. *particulate matter*)
- PNAs – policykliczne węglowodory aromatyczne (ang. *polynuclear aromatics*)
- POM – policykliczne węglowodory aromatyczne = WWA = PAH (ang. *polycyclic organic matter*)
- POP lub POPs – trwałe zanieczyszczenia organiczne (ang. *Persistent Organic Pollutants*)
- PPE (lub PPO) – politlenek fenylenu
- ppb – bezwymiarowe oznaczenie zawartości jednej substancji w drugiej; jedna część na milion bilion (ang. *parts per billion*)
- ppm – jak wyżej; jedna część na milion (ang. *parts per million*)
- ppt – jak wyżej; jedna część na trylion (ang. *trillion*)
- p.r. – doodbytniczo (*per rectum*)
- PTFE – poli(tetrafluoroeten) [ang. *poly(1,1,2,2-tetrafluoroethylene)*]
- PUFA – polinienasycone kwasy tłuszczowe (ang. *polyunsaturated fatty acids*)
- PUR – poliuretan
- PWW – próg wyczuwalności węchowej
- Py – pirydyna (ang. *pyridine*)
- REACH – rozporządzenie Parlamentu Europejskiego regulujące kwestie stosowania chemikaliów (ang. *Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals*)
- RT – temperatura pokojowa (ang. *room temperature*)
- SADT – temperatura samoprzyspieszającego się rozkładu (ang. *self-accelerating decomposition temperature*)
- SCFA – krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (karboksylowe) [ang. *short chain fatty acids*]
- S<sub>E</sub> – podstawienie elektrofilowe (ang. *electrophilic substitution*)
- 2,4,5-T – kwas 2,4,5-trichlorofenoksyoctowy, herbicyd, fitoksycylny środek bojowy
- TAG – triacyloglicerole
- TATP – trimer nadtlenu acetonu (ang. *triacetone triperoxide*)
- TCDD – 2,3,7,8-tetrachlorodibenzodiodksyna
- TC<sub>30</sub> – oznacza stężenie związku w powietrzu, przy którym w określonym czasie *t* następuje śmierć 50% populacji poddanej jego działaniu.
- TEF – współczynnik toksyczności (ang. *toxicity equivalency factor*)
- TEQ – równoważnik toksyczności (ang. *toxic equivalent*)
- tetrAP – tetramer nadtlenu acetonu

- TFA – kwasy tłuszczowe trans (ang. *trans fatty acid*)  
TFA lub tfa – kwas trifluorooctowy (ang. *trifluoroacetic acid*)  
TFC – reakcje katalizy międzyfazowej (ang. *trans phase catalysis*)  
THF – tetrahydrofuran  
TLC – chromatografia cienkowarstwowa (ang. *thin layer chromatography*)  
TNT – trotyl (trinitrotoluen)  
TPC – kataliza międzyfazowa (ang. *trans phase catalysis*)  
temp. top. – temperatura topnienia  
temp. wrz. – temperatura wrzenia  
TNB – 1,3,5-trinitrobenzen  
TNF – 2,4,6-trinitrofenol  
TNP – 2,4,6-trinitrofenol (ang. *trinitrophenol*)  
TNT – 2,4,6-trinitoluen (ang. *trinitrotoluene*)  
TNX – trinitroksylen  
tt – temperatura topnienia  
tw – temperatura wrzenia  
TZO – trwałe zanieczyszczenia organiczne (ang. *POPs – persistent organic pollutants*)  
UOIK – Urząd Ochrony Konkurencji i Konsumentów  
UV-A – promieniowanie ultrafioletowe w zakresie 315–380 nm  
VLCFA – bardzo długołańcuchowe kwasy tłuszczowe (ang. *very long-chain fatty acids*)  
WADA – Światowa Organizacja Antydopingowa (ang. *The World Anti-Doping Agency*)  
w.c. – waga ciała  
WIOŚ – Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska  
WWA (PAHs) – policykliczne węglowodory aromatyczne  
WZW – wirusowe zapalenie wątroby  
ZS – silniki o zapłonie samoczynnym

# WPROWADZENIE

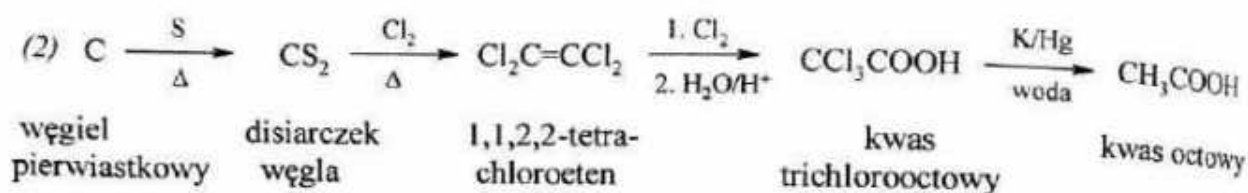
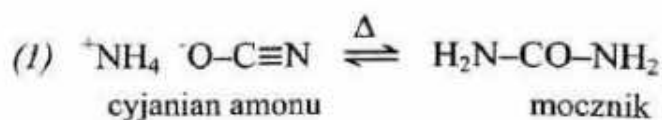
Zgodnie z zapowiedzią zawartą we *Wstępie* do pierwszego tomu tej książki w tomie drugim prezentujemy informacje na temat zagrożeń, jakie stwarzają związki organiczne, a także jaki jest z nich pożytek. W następnym, trzecim tomie zaplanowaliśmy omówienie oligo- i biopolimerów (peptydów, białek, cukrów, kwasów nukleinowych) oraz substancji monomerycznych, takich jak aminokwasy, lipidy, steroidy, alkaloidy, terpenoidy i innych metabolitów pełniących ważną funkcję w żywych organizmach.

Do związków organicznych zaliczane są te substancje, które zawierają atom lub atomy węgla, z wyłączeniem: węgla pierwiastkowego, tlenków węgla, węglików, cyjanowodoru, cyjanków, kwasu węglowego i tych jego pochodnych, które nie zawierają reszt organicznych. Obok atomów węgla w związkach organicznych mogą występować prawie wszystkie inne pierwiastki, a najczęściej są to atomy wodoru, tlenu, azotu, a także siarki, fosforu oraz halogenów. Najczęściej spotykanymi pierwiastkami w związkach organicznych są węgiel, wodór, tlen i azot i dlatego nazywamy je pierwiastkami organicznymi. Niektórzy autorzy za związki organiczne uważają tylko te, w których przynajmniej jeden atom wodoru jest bezpośrednio związany z atomem węgla. Według tego poglądu chloroform ( $\text{CHCl}_3$ ) jest związkiem organicznym, ale tetrachlorek węgla ( $\text{CCl}_4$ ) już nie. Połączenia organiczne zawierające atom lub atomy metali bezpośrednio związane z atomami węgla nazywane są związkami metaloorganicznymi. Analogicznie znane są także związki siarkoorganiczne, fosforoorganiczne, krzemooorganiczne czy halogenoorganiczne. Szacunkowo liczba znanych związków organicznych sięga kilkadziesiąt milionów (wg PubChem), a rocznie przybywa ich około 200 tysięcy. Liczbę możliwych połączeń organicznych zwiększa izomeria, czyli możliwość istnienia cząsteczek zawierających jednakową liczbę takich samych atomów (przedstawianych tym samym wzorem sumarycznym), ale różniących się kolejnością połączeń atomów, rodzajem wiązań pomiędzy nimi oraz ich geometrycznym lub przestrzennym ułożeniem w cząsteczce.

Pojęcie chemii organicznej i substancji organicznych wprowadził w 1818 roku szwedzki uczony Jöns Jacob Berzelius. W początkowym okresie rozwoju chemii organicznej obowiązywała teoria *witalizmu*, zgodnie z którą za związki organiczne uważano substancje wytwarzane przez organizmy żywe. Do nich zaliczany był między innymi mocznik jako składnik moczu. Według teorii witalizmu do wytworzenia jakiegokolwiek substancji organicznej (syntezowanych jedynie przez żywe organizmy) konieczny był udział nadprzyrodzonej siły, zwanej po łacinie *vis vitalis* (siły witalnej). Szybko jednak część chemików zaczęła powątpiewać w istnienie takiej siły. Pierwszym eksperymentem podważającym jej istnienie było wytworzenie w laboratorium mocznika przez F. Wöhlera w 1828 roku. Otrzymał on mocznik w reakcji izomeryzacji (przekształcenia) cyjanianu amonu (1), typowego związku nieorganicznego. Obecnie mocznik będący popularnym nawozem mineralnym otrzymuje się na ogromną skalę z azotu, wodoru i ditlenku węgla, a więc z pierwiastków i związku nieorganicznego. Eksperyment Wöhlera początkowo przeszedł bez większego echa.



Później jednak bez udziału *vis vitalis* dokonano syntezy kolejnych związków uważanych za organiczne, w tym np. kwasu octowego. Został on otrzymany w laboratorium w 1845 roku przez Hermana Kolbego z takich nieorganicznych surowców, jak węgiel pierwiastkowy i chlor (2). Z czasem po uzyskaniu na drodze syntezy chemicznej wielu innych substancji wytwarzanych przez organizmy żywe izomeryzacją cyjanianu amonu do mocznika przeprowadzoną przez Wöhlera uznano za tak przełomowe dokonanie, że stało się początkiem nowoczesnej chemii organicznej.



Otrzymywanie nowych związków organicznych, zarówno tych naturalnych, jak i niewystępujących w naturze (syntetycznych) spotkało się z dużym zainteresowaniem chemików, wobec czego nowych, syntetycznych związków organicznych zaczęło przybywać tak szybko, że ich liczba niedługo przewyższyła liczbę naturalnych związków organicznych, czyli tych występujących w naturze, zwanych związkami naturalnymi. Równocześnie liczba rozpoznanych związków organicznych szybko przewyższyła liczbę znanych związków nieorganicznych. Z czasem doszło do zatarcia ostrej granicy pomiędzy związkami organicznymi a nieorganicznymi, ponieważ chemicy coraz częściej kojarzyli cząsteczki organiczne z nieorganicznymi (3) i (4).



Podział na związki organiczne i nieorganiczne został jednak zachowany, głównie ze względów dydaktycznych. Za takim podziałem przemawia również fakt, że żaden inny pierwiastek poza węglem nie jest w stanie utworzyć tak wielu różnorodnych połączeń. W cząsteczkach organicznych atomy węgla tworzą połączenia o strukturze łańcuchowej, różnej wielkości i kształcie. Tworzą również struktury pierścieniowe o zróżnicowanej wielkości pierścienia, pojedyncze i skondensowane, zawierające dodatkowo łańcuchy boczne. Ponadto atomy węgla wiążą się z heteroatomami i mogą być nimi przeplatane. Pojedyncze makrocząsteczki polimerów homowęglowych jak i heterowęglowych zawierają miliony, a nawet miliardy atomów, czego przykładem są polocukry i kwasy nukleinowe.



Pośród związków organicznych wyróżnia się substancje wytwarzane przez organizmy żywe. Noszą one nazwę związków naturalnych, a związki niewystępujące w przyrodzie (dotychczas niewykryte w naturze) nazywane są związkami syntetycznymi (sztucznymi). Liczba syntetycznych związków organicznych przewyższa znacznie liczbę naturalnych związków organicznych, stąd nazwa *związki organiczne* (wytwarzane przez organizmy) nie przystaje do rzeczywistości, ale tradycyjnie jest nadal stosowana. Zdarza się, że substancja początkowo otrzymana na drodze syntezy laboratoryjnej, po odnalezieniu jej w naturze zostaje włączona do zbioru związków naturalnych, zwykle jednak sytuacja jest odwrotna. Związki naturalne powstające na drodze syntezy w laboratoriach nie różnią się od ich odpowiedników naturalnych, czasami jedynie składem izotopowym. Często z różnych powodów związki naturalne modyfikuje się w laboratoriach przez zmianę podstawników lub wprowadzenie nowych fragmentów w ich skład. Znane są też przypadki modyfikowania związków naturalnych przez inne organizmy żywe albo transformowania siłami natury, np. utlenienie przez tlen występujący w powietrzu lub w wodzie czy przekształcenia pod wpływem podwyższonej temperatury albo zwiększonego ciśnienia. Przykładem takich związków są powstałe z biomasy składniki ropy naftowej, gazu ziemnego, wosku ziemnego czy piasków bitumicznych. Związki naturalne modyfikowane w laboratoriach chemicznych lub w zakładach przemysłowych nazywane są często *produktami półsyntetycznymi*.

Związki organiczne, naturalne oraz syntetyczne znalazły szerokie zastosowanie praktyczne, zarówno w przemyśle, jak i w życiu codziennym. Wykorzystywane są jako surowce (produkty) spożywcze, paliwa (nośniki energii), a także tworzywa syntetyczne, w tym włókna syntetyczne czy wyroby gumopodobne. Służą jako półprodukty w syntezie chemicznej jako leki, farby, barwniki, środki czystości, środki ochrony roślin, preparaty zapachowe, kosmetyki, materiały wybuchowe; wreszcie znajdują wiele innych zastosowań.

Związki organiczne można podzielić na grupy w zależności od obecności w nich określonych atomów lub grup atomów. Te, zbudowane wyłącznie z atomów węgla i wodoru, nazywane węglowodorami mogą być uznane za związki macierzyste wszystkich innych połączeń organicznych. Pozostałe połączenia organiczne formalnie różnią się od węglowodorów tym, że w miejscu jednego lub większej liczby atomów wodoru zawierają inne atomy lub grupy atomów. Poniżej zostały przedstawione najważniejsze grupy związków organicznych:

- węglowodory alifatyczne i aromatyczne;
- związki halogenoorganiczne;
- alkohole, enole, fenole i etery;
- związki karbonylowe – aldehydy i ketony;
- kwasy karboksylowe i ich pochodne, takie jak halogenki kwasowe, bezwodniki, estry, amidy, nityle i inne;
- aminy i ich pochodne;
- związki siarkoorganiczne;
- związki fosforoorganiczne;
- związki metaloorganiczne;
- związki zawierające inne heteroatomy.