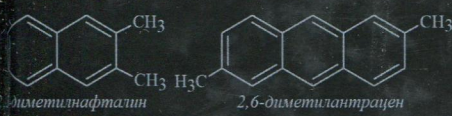
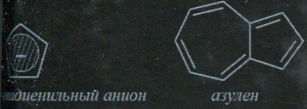
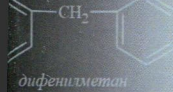
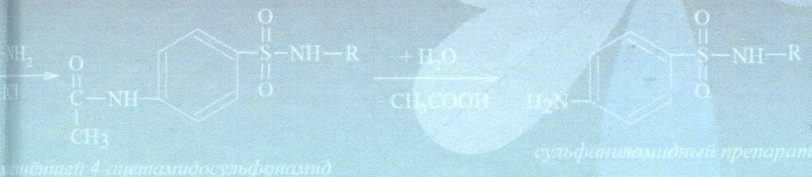
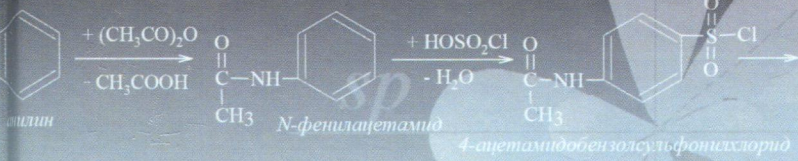
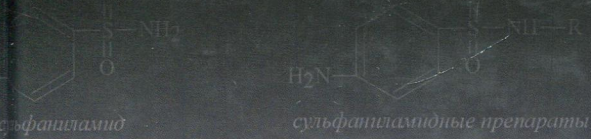
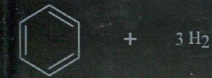
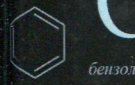


Д. Г. Кузнецов

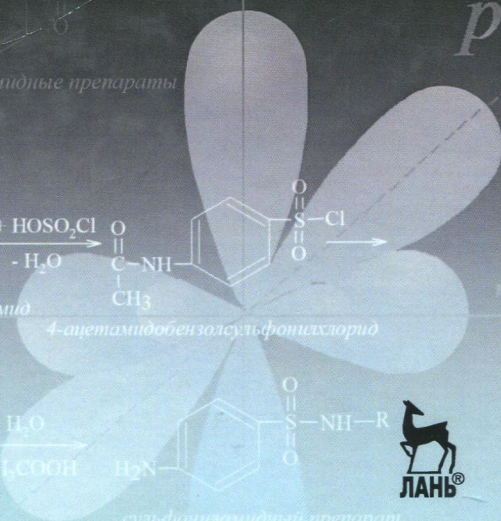


# ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ



P<sub>z</sub>

P<sub>y</sub>



Д. Г. КУЗНЕЦОВ

# ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

*РЕКОМЕНДОВАНО*

*УМО по медицинскому и фармацевтическому образованию  
вузов России в качестве учебного пособия для студентов,  
обучающихся по основным профессиональным  
образовательным программам высшего образования —  
программам специалитета по специальности «Фармация»*



• САНКТ-ПЕТЕРБУРГ •  
• МОСКВА • КРАСНОДАР •  
2016

ББК 24.2я73

К 89

**Кузнецов Д. Г.**

**К 89** Органическая химия: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2016. — 556 с. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

**ISBN 978-5-8114-1913-5**

В настоящем учебном пособии в систематизированном виде изложен материал по органической химии в соответствии с требованиями программы для студентов, обучающихся по специальности высшего образования «Фармация».

**ББК 24.2я73**

**Рецензенты:**

*А. К. БРЕЛЬ* — доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой химии Волгоградского государственного медицинского университета, заслуженный работник высшей школы РФ, академик РАН;

*Э. Т. ОГАНЕСЯН* — доктор фармацевтических наук, профессор, зав. кафедрой органической химии Пятигорского медико-фармацевтического института, заслуженный работник высшей школы.

**Обложка**

*Е. А. ВЛАСОВА*

© Издательство «Лань», 2016

© Д. Г. Кузнецов, 2016

© Издательство «Лань»,

художественное оформление, 2016



## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	5
<i>Глава 1</i>	
<b>Классификация и номенклатура органических соединений</b> .....	6
1.1. Классификация по строению углеродного скелета .....	6
1.2. Классификация по химической природе функциональных групп .....	8
1.3. Номенклатура органических соединений .....	10
1.3.1. Тривиальная номенклатура (исторически сложившаяся) .....	10
1.3.2. Радикало-функциональная номенклатура .....	11
1.3.3. Рациональная номенклатура .....	12
1.3.4. Систематическая номенклатура (международная, женевская, заместительная, ИЮПАК, IUPAC) .....	13
<i>Глава 2</i>	
<b>Электронное строение атомов, участвующих в построении органических соединений</b> .....	19
<i>Глава 3</i>	
<b>Типы химических связей в органических соединениях</b> .....	26
<i>Глава 4</i>	
<b>Сопряженные системы. Сопряжение. Ароматичность</b> .....	30
<i>Глава 5</i>	
<b>Взаимное влияние атомов в органических молекулах</b> .....	38
5.1. Индуктивный эффект ( <i>I</i> -эффект) .....	39
5.2. Мезомерный эффект ( <i>M</i> -эффект) .....	41
<i>Глава 6</i>	
<b>Основы строения органических соединений</b> .....	47
6.1. Структурная изомерия органических соединений .....	47
6.2. Пространственное строение органических соединений .....	48
Конформации циклогексана .....	52

6.3. Стереои́зомерия органических соединений . . . . .	54
6.3.1. Энантиомеры . . . . .	55
6.3.2. Диастереомеры . . . . .	61
<i>Глава 7</i>	
<b>Кислотно-основные свойства органических соединений . . . . .</b>	<b>67</b>
7.1. Факторы, определяющие стабильность аниона . . . . .	70
7.1.1. Электроотрицательность атома в кислотном центре . . . . .	70
7.1.2. Возможность делокализации отрицательного заряда в анионе . . . . .	71
7.2. Основные свойства органических соединений . . . . .	74
7.3. Теория Льюиса . . . . .	77
<i>Глава 8</i>	
<b>Реакционная способность органических соединений . . . . .</b>	<b>79</b>
8.1. Классификация химических реакций . . . . .	80
8.2. Строение промежуточных активных частиц . . . . .	83
<i>Глава 9</i>	
<b>Реакционная способность алканов . . . . .</b>	<b>87</b>
9.1. Физические свойства алканов . . . . .	89
9.2. Способы получения алканов . . . . .	89
9.3. Химические свойства алканов . . . . .	91
9.3.1. Реакции радикального замещения ( $S_R$ ) . . . . .	91
9.4. Представители алканов . . . . .	99
<i>Глава 10</i>	
<b>Циклоалканы . . . . .</b>	<b>100</b>
10.1. Классификация циклоалканов . . . . .	100
10.2. Номенклатура циклоалканов . . . . .	101
10.3. Физические свойства циклоалканов . . . . .	102
10.4. Способы получения циклоалканов . . . . .	102
10.5. Химические свойства циклоалканов . . . . .	104
10.6. Представители циклоалканов . . . . .	106
<i>Глава 11</i>	
<b>Реакционная способность алкенов и алкадиенов . . . . .</b>	<b>108</b>
11.1. Физические свойства алкенов . . . . .	108
11.2. Способы получения алкенов . . . . .	109
11.3. Химические свойства алкенов . . . . .	111
11.3.1. Реакции электрофильного присоединения ( $A_E$ ) . . . . .	111
11.3.2. Реакции радикального присоединения . . . . .	116
11.3.3. Восстановление алкенов . . . . .	117
11.3.4. Окисление алкенов . . . . .	117
11.4. Реакции $A_E$ для циклоалкенов . . . . .	119
11.5. Алкадиены . . . . .	120
11.5.1. Химические свойства алкадиенов . . . . .	121
11.6. Представители алкадиенов . . . . .	123
<i>Глава 12</i>	
<b>Полимерные соединения . . . . .</b>	<b>124</b>

**Глава 13**

<b>Алкины</b> .....	130
13.1. Способы получения алкинов .....	130
13.2. Химические свойства алкинов .....	132

**Глава 14**

<b>Реакционная способность аренов</b> .....	136
14.1. Классификация аренов .....	136
14.2. Номенклатура аренов .....	137
14.3. Физические свойства аренов .....	138
14.4. Способы получения аренов .....	138
14.5. Химические свойства аренов .....	140
14.5.1. Реакции электрофильного замещения ( $S_E$ ) .....	141
14.5.2. Реакции аренов с потерей ароматичности .....	149
14.6. Представители аренов .....	151

**Глава 15**

<b>Галогенопроизводные углеводородов</b> .....	153
15.1. Способы получения галогенопроизводных углеводородов .....	154
15.2. Химические свойства галогенопроизводных углеводородов .....	156
15.2.1. Реакции $S_N$ у $sp^3$ -гибридизованного атома углерода .....	158
15.2.2. Реакции элиминирования .....	169
15.3. Представители галогенопроизводных углеводородов .....	172

**Глава 16**

<b>Реакционная способность спиртов и фенолов</b> .....	174
16.1. Классификация спиртов .....	174
16.2. Номенклатура спиртов .....	175
16.3. Изомерия спиртов .....	175
16.4. Физические свойства спиртов .....	176
16.5. Способы получения спиртов .....	176
16.6. Химические свойства спиртов .....	179
16.6.1. OH-кислотные свойства спиртов .....	179
16.6.2. <i>p</i> -Основные и нуклеофильные свойства спиртов .....	180
16.6.3. Электрофильные свойства спиртов .....	182
16.6.4. Реакции с участием $\beta$ -СН-кислотного реакционного центра .....	184
16.6.5. Окисление спиртов .....	185
16.7. Представители спиртов .....	187
16.8. Фенолы .....	187
16.8.1. Способы получения фенолов .....	188
16.8.2. Химические свойства фенолов .....	190
16.8.3. Представители фенолов .....	196

**Глава 17**

<b>Реакционная способность тиолов</b> .....	197
17.1. Способы получения тиолов .....	198
17.2. Химические свойства тиолов .....	199

17.2.1. Кислотно-основные свойства тиолов .....	199
17.2.2. Нуклеофильные свойства тиолов .....	200
17.2.3. Окислительно-восстановительные реакции тиолов .....	201
<i>Глава 18</i>	
<b>Реакционная способность простых эфиров .....</b>	<b>203</b>
18.1. Способы получения простых эфиров .....	205
18.2. Химические свойства простых эфиров .....	207
18.2.1. <i>p</i> -Основные свойства простых эфиров .....	208
18.2.2. Электрофильные свойства простых эфиров .....	208
18.2.3. $\alpha$ -Галогенирование простых эфиров .....	210
18.2.4. Окисление простых эфиров .....	211
18.3. Представители простых эфиров .....	211
<i>Глава 19</i>	
<b>Реакционная способность сульфидов .....</b>	<b>213</b>
19.1. Способы получения сульфидов .....	213
19.2. Химические свойства сульфидов .....	214
<i>Глава 20</i>	
<b>Реакционная способность азотсодержащих органических соединений .....</b>	<b>216</b>
20.1. Амины .....	216
20.1.1. Способы получения аминов .....	218
20.1.2. Химические свойства аминов .....	219
20.1.3. Представители аминов .....	225
20.2. Нитросоединения .....	226
20.2.1. Способы получения нитросоединений .....	227
20.2.2. Химические свойства нитросоединений .....	227
20.3. Диазосоединения .....	228
20.3.1. Химические свойства ароматических диазосоединений .....	230
<i>Глава 21</i>	
<b>Реакционная способность альдегидов и кетонов .....</b>	<b>236</b>
21.1. Номенклатура альдегидов и кетонов .....	237
21.2. Способы получения альдегидов и кетонов .....	239
21.3. Химические свойства альдегидов и кетонов .....	240
21.3.1. Реакции с участием электрофильного реакционного центра .....	242
21.3.2. Реакции с участием $\alpha$ -СН-кислотного реакционного центра .....	254
21.3.3. Галоформное расщепление .....	256
21.3.4. Окислительно-восстановительные реакции альдегидов и кетонов .....	257
21.4. Представители альдегидов и кетонов .....	262
21.5. Хиноны .....	264
<i>Глава 22</i>	
<b>Карбоновые кислоты и их функциональные производные .....</b>	<b>266</b>
22.1. Классификация карбоновых кислот .....	266
22.2. Номенклатура карбоновых кислот .....	267

22.3. Физические свойства карбоновых кислот	271
22.4. Способы получения карбоновых кислот	271
22.5. Химические свойства карбоновых кислот	272
22.5.1. OH-кислотные свойства карбоновых кислот	274
22.5.2. Реакции, обусловленные наличием электрофильного реакционного центра	277
22.5.3. Реакции с участием углеводородного радикала	281
22.5.4. Декарбокислирование карбоновых кислот	282
22.5.5. Особенность реакционной способности дикарбоновых кислот	283
22.5.6. Особенности реакционной способности неопределенных карбоновых кислот	284
22.6. Функциональные производные карбоновых кислот	285
22.6.1. Галогенангидриды карбоновых кислот	286
22.6.2. Сложные эфиры	287
22.6.3. Амиды карбоновых кислот	289
22.7. Представители карбоновых кислот	293
22.8. Угольная кислота и ее функциональные производные	295
Амиды угольной кислоты	296
Гуанидин (иминомочевина)	301
Хлорангидриды угольной кислоты	301
22.9. Сульфоновые кислоты	302
22.9.1. Способы получения сульфоновых кислот	302
22.9.2. Химические свойства сульфоновых кислот	303

### Глава 23

<b>Гидроксикислоты</b>	309
23.1. Способы получения гидроксикислот	310
23.2. Химические свойства гидроксикислот	313
23.2.1. Специфические реакции гидроксикислот	314
23.3. Представители гидроксикислот	318
23.4. Фенолокислоты	320

### Глава 24

<b>Оксокислоты</b>	325
24.1. Способы получения оксокислот	325
$\alpha$ -оксокислоты	325
$\beta$ -оксокислоты	326
$\gamma$ -оксокислоты	327
24.2. Химические свойства оксокислот	327
24.2.1. Специфические реакции оксокислот	328
24.3. Представители оксокислот	333

### Глава 25

<b>Аминокислоты. Пептиды. Белки</b>	336
25.1. Аминокислоты	336
$\alpha$ -аминокислоты	336
25.1.1. Классификация $\alpha$ -аминокислот	337
25.1.2. Физические свойства аминокислот	343



25.1.3. Стереои́зомерия $\alpha$ -аминокислот . . . . .	343
25.1.4. Кислотно-основные свойства аминокислот . . . . .	345
25.1.5. Способы получения аминокислот . . . . .	347
$\alpha$ -аминокислоты . . . . .	347
$\beta$ -аминокислоты . . . . .	349
$\gamma, \delta, \epsilon$ -аминокислоты . . . . .	350
25.1.6. Химические свойства аминокислот . . . . .	352
25.2. Пептиды и белки . . . . .	361
Пептиды . . . . .	363
Белки . . . . .	364
25.3. Цветные реакции, применяемые в качественном и количественном анализе пептидов и белков . . . . .	366
Универсальные цветные реакции . . . . .	366
Специфические цветные реакции . . . . .	367
25.4. Ароматические аминокислоты . . . . .	371
25.5. Аминоспирты . . . . .	373
25.6. Аминофенолы . . . . .	376
<i>Глава 26</i>	
<b>Углеводы</b> . . . . .	379
26.1. Моносахариды . . . . .	380
26.1.1. Стереои́зомерия моносахаридов . . . . .	383
26.1.2. Цикло-оксо-таутомерия моносахаридов . . . . .	384
26.1.3. Конформация альдогексоз . . . . .	389
26.1.4. Физические свойства моносахаридов . . . . .	390
26.1.5. Химические свойства моносахаридов . . . . .	390
26.1.6. Аминосахара (аминодезоксисахара) . . . . .	409
26.2. Олигосахариды . . . . .	412
26.3. Полисахариды . . . . .	422
26.3.1. Гомополисахариды . . . . .	423
26.3.2. Гетерополисахариды . . . . .	431
<i>Глава 27</i>	
<b>Гетероциклические соединения</b> . . . . .	438
27.1. Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом . . . . .	439
27.2. Пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами (азолы) . . . . .	448
27.3. Шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом . . . . .	452
27.4. Шестичленные гетероциклы с двумя гетероатомами . . . . .	466
27.5. Семичленные гетероциклы . . . . .	469
27.6. Конденсированные гетероциклы . . . . .	470
<i>Глава 28</i>	
<b>Нуклеиновые кислоты</b> . . . . .	477
Гидролиз нуклеотидов . . . . .	480
Нуклеозидполифосфаты . . . . .	482
Циклические мононуклеотиды . . . . .	484
Строение нуклеиновых кислот . . . . .	485
Строение полинуклеотидной цепи . . . . .	486
<i>Глава 29</i>	
<b>Алкалоиды</b> . . . . .	490
29.1. Представители алкалоидов . . . . .	495

<i>Глава 30</i>	
<b>Липиды</b> .....	499
30.1. Классификация липидов .....	499
30.2. Нейтральные жиры (триглицериды, триацилглицерины) .....	500
30.2.1. Конформации высших жирных кислот .....	501
30.2.2. Химические свойства триглицеридов .....	504
30.3. Глиперофосфолипиды .....	511
30.4. Воски .....	514
30.5. Твины. Спэны .....	515
30.6. Изопреноиды .....	517
30.6.1. Терпены .....	518
30.6.2. Стероиды .....	525
<b>Словарь терминов и персоналий (гlossарий)</b> .....	535
<b>Рекомендуемая литература</b> .....	548