

26-3293


Р.Ф. Талипов

# ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

---

Курс лекций

26-03293



Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уфимский университет науки и технологий»

Р.Ф. Талипов

## **ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

*Курс лекций*

Уфа  
Уфимский университет  
2025

УДК 547(075.8)  
ББК 24.2я73  
Т16

*Печатается по решению учебно-методической комиссии  
ИХЗЧС УУНиГ.  
Протокол № 7 от 18.09.2025 г.*

**Рецензенты:**  
*ведущий научный сотрудник Л.Х. Файзуллина  
(УФИХ УФИЦ РАН, г. Уфа);  
д-р хим. наук, профессор В.В. Зорин  
(УГНТУ, г. Уфа)*

**Талипов Р.Ф.**

Т16 Органическая химия: курс лекций / Р.Ф. Талипов. – Уфа: Уфимский университет, 2025. – 262 с.  
ISBN 978-5-7477-6185-8

Курс лекций по органической химии читается студентам химического профиля УУНиГ. Для удобства восприятия курс разделён на три части: общая органическая химия, реакционная способность органических соединений и органический синтез.

Предназначен для бакалавров и специалистов ИХЗЧС, также может быть использован магистрантами и аспирантами химического профиля.

УДК 547(075.8)  
ББК 24.2я73

ISBN 978-5-7477-6185-8

© Талипов Р.Ф., 2025  
© Уфимский университет, 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Лекция 1. Введение</i> .....	7
<b>Глава 1</b>	
<i>Лекция 2. Общая органическая химия</i> .....	9
Строение и визуализация органических соединений .....	15
Номенклатура органических соединений .....	16
Правила для ациклических соединений .....	16
Правила для моноциклических соединений .....	18
Правила для бициклических соединений .....	18
Правила для спиробициклических соединений .....	19
Правила для ароматических соединений с 1 заместителем .....	20
Правила для ароматических соединений с 2 заместителями .....	21
Правила для ароматических соединений с 3 заместителями .....	22
Правила для полиядерных ароматических углеводородов .....	23
<i>Лекция 3. Правила для гетеоциклов. Система Ганча-Видмана</i>	23
Правила для названий стереоизомеров .....	24
Правила для цис-, транс- и Z, E-изомеров .....	25
Правила для оптических изомеров. R, S-номенклатура .....	26
<b>Теория ковалентной связи</b> .....	27
Теория молекулярных орбиталей .....	28
<i>Лекция 4. Теория валентных связей (ВС)</i> .....	31
Гибридизация .....	32
Резонансные структуры .....	34
Образование C-H и C-C связей .....	35
<i>Лекция 5. Изомерия органических соединений</i> .....	39
Оптическая изомерия .....	41
Конформационная (поворотная) изомерия .....	46
<i>Лекция 6. Стабильность органических соединений и их ионов</i>	50
Электронные эффекты заместителей .....	53
Концепция ароматичности .....	57
Критерии ароматичности Хюккеля .....	58
<i>Лекция 7. Ароматические углеводороды</i> .....	60
Антиароматические углеводороды .....	61
Гетероциклические ароматические соединения .....	64
Ароматические ионы углеводородов .....	65
<i>Лекция 8. Общие представления о реакциях органических соединений</i> .....	67
Типы органических реакций .....	69
Использование общих стадий реакций для описания механизмов полярных взаимодействий .....	72

<b>Глава 2. Реакционная способность органических соединений</b>	
<b>Лекция 9. Алканы</b> .....	76
Цепной механизм радикальных реакций .....	77
Нуклеофильное замещение и $\beta$ -элиминирование .....	79
Нуклеофильное замещение в галоидалканах .....	80
$SN_2$ механизм .....	81
$SN_1$ механизм .....	81
<b>Лекция 10. <math>\beta</math>-Элиминирование</b> .....	87
Механизмы $\beta$ -элиминирования .....	87
<b>Алкены</b> .....	91
Гидрогалогидирование алкенов .....	91
Присоединение галогенов .....	94
<b>Лекция 11. Присоединение молекулы воды (гидратация)</b> .....	97
Присоединение $HOCl$ и $HOBr$ .....	98
Гидроборирование – окисление .....	99
Оксимеркурирование – восстановление .....	99
Реакции радикального присоединения ( $Ad_1$ ) .....	100
Реакции селективного окисления .....	102
Восстановление алкенов .....	103
<b>Лекция 12. Алкины</b> .....	104
Реакции электрофильного присоединения .....	104
Бромирование и хлорирование алкинов .....	104
Гидрогалогидирование алкинов .....	105
Кислотно-катализируемая гидратация (реакция Кучерова) .....	107
Гидроборирование – окисление .....	109
Восстановление алкинов .....	111
<b>Лекция 13. Полиены</b> .....	113
Электрофильное присоединение к сопряженным диенам	
1,2- и 1,4-присоединение .....	114
Перициклические реакции .....	115
Реакция Дильса-Альдера .....	117
Сигматропный сдвиг .....	121
Перегруппировка Кляйзена .....	121
Перегруппировка Коупа .....	122
<b>Лекция 14. Реакционная способность ароматических соединений</b> .....	123
Электрофильное ароматическое замещение .....	123
Хлорирование и бромирование .....	123
Нитрование .....	124
Сульфирование .....	126
Алкилирование и ацилирование по Фридело-Крафтсу .....	126
Электрофильное дизамещение и полизамещение в ароматическом ряду .....	130

<b>Лекция 15. Теория ориентирующего эффекта</b> .....	132
Теория активирующих-деактивирующих эффектов .....	135
Нуклеофильное ароматическое замещение .....	136
Нуклеофильное замещение через промежуточный бензин .....	137
Нуклеофильное замещение путем присоединения-элиминирования .....	139
<b>Лекция 16. Кислотно-основные реакции фенолов</b> .....	140
Реакции по бензильному положению ароматических соединений .....	142
Реакционная способность спиртов .....	145
Реакции спиртов с активными металлами .....	145
Реакции нуклеофильного замещения гидроксильной группы спиртов .....	145
<b>Лекция 17. Кислотно-катализируемая дегидратация спиртов</b> .....	150
Окисление спиртов .....	152
<b>Синтез и реакционная способность простых эфиров</b> .....	154
Синтез простых эфиров .....	154
Силиловые эфиры как защитные группы .....	156
<b>Лекция 18. Реакционная способность простых эфиров</b> .....	159
Синтез и реакционная способность эпоксидов .....	160
Краун-эфиры .....	165
<b>Реакционная способность альдегидов и кетонов</b> .....	166
Нуклеофильное ацильное присоединение С-нуклеофилов .....	168
<b>Лекция 19. Реакция Виттига</b> .....	171
Нуклеофильное ацильное присоединение О-нуклеофилов .....	173
Нуклеофильное ацильное присоединение N-нуклеофилов .....	178
Кето-енольная таутомерия .....	179
<b>Лекция 20. Альдольно-кратоновая конденсация</b> .....	181
Перекрестная и межмолекулярная альдольная конденсация .....	185
Реакции по $\alpha$ -углероду .....	186
<b>Лекция 21. Окисление</b> .....	190
Восстановление .....	191
<b>Лекция 22. Реакционная способность карбоновых кислот</b> .....	195
Реакционная способность производных карбоновых кислот .....	200
<b>Лекция 23. Реакции производных карбоновых кислот с водой</b> .....	203
Реакции производных карбоновых кислот со спиртами .....	207
Реакции производных карбоновых кислот с аммиаком и аминами .....	209
Реакции отдельных производных карбоновых кислот с солями карбоновых кислот и металлоорганическими соединениями .....	209
<b>Лекция 24. Восстановление производных карбоновых кислот</b> .....	212
Конденсация Кляйзена .....	213
Конденсация Дикмана .....	215
Гидролиз и декарбоксилирование $\beta$ -кетоэфиров .....	216
Синтезы с ацетокусусным эфиром .....	217

<b>Лекция 25. Синтезы с малоновым эфиром</b> .....	220
Реакция Михаэля .....	221
<b>Реакционная способность аминов</b> .....	223
Основность аминов .....	225
<b>Лекция 26. Реакции с кислотами</b> .....	229
Синтез аминов .....	229
Реакции с азотистой кислотой .....	231
Элиминирование по Гофману .....	234
Элиминирование по Коупу .....	236
<b>Глава 3</b>	
<b>Лекция 27. Органический синтез</b> .....	238
<b>Лекция 28. Синтез КДК9</b> .....	245
Металлокомплексный катализ .....	247
Реакция Хека .....	250
<b>Лекция 29. Каталитическое аллильное алкилирование</b> .....	254
Катализируемые палладием реакции кросс-сочетания .....	257
Сочетание по Сузуки .....	258
Сочетание по Штилю .....	258
Сочетание по Соногашири .....	259
Метатезис алкенов .....	259

## ЛЕКЦИЯ 1

### ВВЕДЕНИЕ

На вопрос – «Что представляет собой органическая химия?» – один из студентов нашего института простодушно ответил – «Учебник». На самом деле это раздел науки, а возможно и больше. Как и все науки, она имеет предмет исследования. Им являются строение органических соединений и их реакции. Естественно, возникает вопрос, а что такое органические соединения. Ими принято считать соединения, преимущественно состоящие из атомов углерода и водорода, а также других атомов, в основном, атомов кислорода, азота и серы. Они, как правило, соединены между собой ковалентной связью. Под реакцией органических соединений понимаются взаимопревращения органических соединений с образованием и/или разрывом ковалентной связи.

Каково же место органической химии в природе? Органическая химия неразрывно связана с природой живого, о чем свидетельствует само название предмета. В одно время даже считалось, что между живой и косной (неживой) природой существует непреодолимая граница (теория витализма), опровержение которой началось с работ немецкого химика Ф. Вёлера по синтезу карбамида. Оказалось, что природа едина и органическая химия лежит в основе всего живого, в том числе и *Homo sapiens*. Сама природа живого базируется на невообразимо сложных (но познаваемых) химических превращениях, важную роль в которых играют не только ковалентные превращения, но и нековалентные, такие как водородная связь, Ван-дер-Ваальсовские взаимодействия и др. Не будет преувеличением сказать, что значительная доля научного потенциала человечества направлена на развитие наук о жизни, во многом основанной на органической химии.

С другой стороны, каково место органической химии в человеческой цивилизации? Ввиду необходимости быть кратким, отметим лишь два главных момента. Во-первых, необходимость синтез действующих веществ лекарственных препаратов. Эту проблему, наряду с многими другими, решает раздел органической химии, называемый тонким органическим синтезом. Представьте себе, что Вам необходимо манипулировать с невидимыми и неосознаваемыми нашими органами чувств материальными объектами – молекулами, выстраивая из них сложнейшие конструкции, пользуясь косвенными методами. Необходимо манипулировать микрообъектами, используя макрообъектные методики, что может быть сложнее? Могут возникнуть, что незачем синтезировать самим то, что лучше получается у природы. Да, природа действительно непревзойденный мастер органического синтеза. Однако синтезируемые ею очень эффективные и нетоксичные низкомолекулярные биорегуляторы, которые можно применять как