

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Речицький О.Н., Решнова С.Ф.**

## **ВІД БУДОВИ ДО СИНТЕЗУ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК**

Навчально-методичний посібник

**Херсон – 2015**

УДК  
ББК

Рекомендовано Вченою радою Херсонського державного університету  
(протокол № 11 від 30.06.2015 р.)

**Автори:**

<i>Речицький</i>	кандидат хімічних наук, доцент кафедри органічної та біологічної хімії Херсонського державного університету
<i>Олександр Наумович</i>	кандидат педагогічних наук, доцент кафедри органічної та біологічної хімії Херсонського державного університету
<i>Решнова</i>	
<i>Світлана Федорівна</i>	

**Рецензент:** Завідувач кафедри органічної та біологічної хімії Херсонського державного університету, професор, доктор хімічних наук В.І. Єзіков;

**Речицький О.Н., Решнова С.Ф.**

Від будови до синтезу органічних сполук. – Херсон: Видавництво ПП Вишемирський В.С. , 2015. – 396 с.

У посібнику розглядається сучасний стан теоретичних проблем органічної хімії та органічного синтезу. Розглянуті уявлення про хімічну будову та властивості органічних сполук, механізми та напрямки органічних реакцій, ізомерні перетворення та молекулярні перегрупування, основні прийоми синтезу та захисту характеристичних груп, методи розділення, виділення, очистки і аналізу синтезованих сполук.

Навчальний посібник призначений для підготовки студентів хімічних спеціальностей, а також він може використовуватись студентами біологічних, фармацевтичних, сільськогосподарських напрямів підготовки.



## ЗМІСТ

<b>Вступ</b>	6
<b>Рекомендована література</b>	7
<b>1. Будова та властивості органічних сполук</b>	9
<b>1.1. Хімічні зв'язки в органічних сполуках</b>	10
1.1.1. Йонний зв'язок	11
1.1.2. Ковалентний зв'язок	12
1.1.3. Водневий зв'язок	16
1.1.4. Міжмолекулярні взаємодії	17
<b>1.2. Будова органічних сполук</b>	18
1.2.1. Будова аліфатичних вуглеводнів (алканів, алкенів, алкадієнів, алкінів)	19
1.2.2. Будова ароматичних сполук	24
1.2.3. Будова галогенопохідних вуглеводнів	27
1.2.4. Будова оксигеновмісних органічних сполук (спиртів, фенолів, етерів, карбонільних сполук, карбонових кислот та їх похідних)	29
1.2.5. Будова нітрогеновмісних органічних сполук (амінів, солей діазонію)	36
1.2.6. Будова гетероциклічних сполук (п'яти- та шестичленних)	38
<b>1.3. Механізми передачі впливу замісників в органічних сполуках</b>	44
1.3.1. Поляризація та поляризованість атомів, молекул та йонів	45
1.3.2. Індукційний ефект	47
1.3.3. Мезомерний ефект	49
1.3.4. Гіперкон'югація (надспряження)	51
1.3.5. Теорія резонансу	53
1.3.6. Просторові ефекти	55
1.3.7. Методи напівкількісного оцінювання впливу замісників на константи швидкості хімічних реакцій	56
<b>1.4. Хімічні властивості органічних сполук</b>	59
1.4.1. Насиченість	59
1.4.2. Ненасиченість	59
1.4.3. Дієновість	60
1.4.4. Ароматичність	60
1.4.5. Кислотно-основні властивості	61
1.4.6. Електрофільно-нуклеофільні властивості	87
1.4.7. Окисно-відновні властивості	90
<b>2. Хімічні реакції органічних сполук</b>	91
<b>2.1. Класифікація органічних реакцій</b>	92
2.1.1. Класифікація органічних реакцій за способом розриву або утворення хімічного зв'язку	93
2.1.2. Класифікація органічних реакцій за напрямком реакції	94
2.1.3. Класифікація органічних реакцій за характером реагуючої частинки	95
2.1.4. Класифікація органічних реакцій за стадією, яка визначає швидкість реакції	96

2.1.5. Класифікація за зміною ступеня окиснення атомів елементів органічних сполук	97
2.1.6. Комбінована класифікація реакцій органічних сполук	98
<b>2.2. Фактори, що впливають на проходження реакцій, стійкість перехідного стану або проміжної частинки</b>	99
2.2.1. Перехідний стан	102
2.2.2. Проміжна частинка	102
2.2.3. Паралельні реакції	105
2.2.4. Послідовні реакції	106
2.2.5. Введення каталізатора	107
2.2.6. Стереохімічний контроль реакцій	109
<b>2.3. Механізми та напрямки проходження деяких органічних реакцій</b>	115
2.3.1. Реакції радикального заміщення	116
2.3.2. Реакції електрофільного приєднання за карбон-карбон кратними зв'язками	124
2.3.3. Реакції нуклеофільного приєднання за карбон-карбон кратними зв'язками	136
2.3.4. Реакції радикального приєднання за карбон-карбон кратними зв'язками	139
2.3.5. Реакції електрофільного заміщення ароматичних сполук	142
2.3.6. Реакції нуклеофільного заміщення ароматичних сполук	169
2.3.7. Реакції елімінування	179
2.3.8. Реакції нуклеофільного заміщення у насиченого атома карбону	185
2.3.9. Реакції нуклеофільного приєднання за карбон-оксиген кратними зв'язками	209
2.3.10. Деякі реакції С–Н-кислот	237
2.3.11. Окисно-відновні реакції	243
2.3.12. Реакції з використанням магнійорганічних сполук	270
2.3.13. Реакції солей діазонію	275
<b>3. Синтез органічних сполук</b>	282
<b>3.1. Мета, задачі та основні поняття органічного синтезу</b>	282
<b>3.2. Стратегія синтезу</b>	290
3.2.1. Планування синтезу	290
3.2.2. Теоретичний аналіз проблеми	293
3.2.3. Комп'ютерний синтез	297
<b>3.3. Основні прийоми органічного синтезу</b>	301
3.3.1. Нарощування карбонового ланцюга	302
3.3.2. Скорочення карбонового ланцюга	304
3.3.3. Циклізація та розкриття циклів	305
3.3.4. Ароматизація циклічних систем	307
3.3.5. Регрупування	308
3.3.6. Введення, обмін та окисно-відновні перетворення характеристичних груп	309

3.3.7. Асиметричний синтез	310
<b>3.4. Захист характеристичних груп у процесі синтезу</b>	314
3.4.1. Захист ОН-групи	315
3.4.2. Захист NH <sub>2</sub> - та NHR-груп	316
3.4.3. Захист =C=O-групи	317
3.4.5. Захист ≡C–H-групи	318
3.4.6. Одночасний захист декількох груп	318
<b>3.5. Розділення, виділення та очистка синтезованих сполук</b>	319
<b>3.6. Аналіз органічних сполук</b>	326
3.6.1. Визначення фізичних властивостей	328
3.6.2. Елементний (якісний і кількісний) аналіз	330
3.6.3. Якісні реакції на характеристичні групи	332
3.6.4. Фізичні та фізико-хімічні методи встановлення будови	347
3.6.5. Аналіз класів органічних сполук	369

## ВСТУП

За майже двохсотлітню історію органічної хімії створено більше десяти мільйонів індивідуальних речовин. Синтез нових органічних сполук набуває все більш широкого розмаху, що диктується насамперед необхідністю розв'язування фундаментальних задач, наприклад, виявлення зв'язку хімічної структури речовини з її реакційною здатністю. Але не в меншому ступені швидкий розвиток органічної хімії забезпечується практичними потребами суспільства: синтез біологічно активних сполук, барвників, полімерів, пестицидів та ін. Задача хіміка-синтетика – вибір шляху найбільш економічного і простого за виконанням, але в той же час найбільш раціонального з точки зору виходу та чистоти цільового продукту.

Книга являє собою методичний посібник, метою якого є формування інтелектуального вміння планування синтезу органічних речовин. Формування будь-якого вміння відбувається на основі теоретичних знань. Відповідно до цього планування синтезу вимагає глибоких знань властивостей вихідних речовин та типів хімічних перетворень, в які вони вступають. Тому у першій частині посібника розглядається будова і властивості органічних сполук (типи зв'язків, будова класів сполук, механізми передачі впливу замісників). Хімічні властивості сполук охоплюють насиченість, ненасиченість, дієновість, ароматичність, кислотно-основні, електрофільно-нуклеофільні та окисно-відновні властивості. Далі розглядаються класифікація хімічних реакцій та фактори, що впливають на проходження реакцій, стійкість перехідного стану або проміжної частинки, механізми реакцій. Чим більш досконально вивчена реакція, тим більше можливостей її контролювати.

Органічний синтез – це процес одержання речовини певної будови з більш простих речовин за допомогою однієї чи декількох реакцій. Щоб зрозуміти логіку планування синтезу потрібно розуміти мету і задачі, стратегію, основні прийоми синтезу та захисту характеристичних груп, методи розділення, виділення, очистки і аналізу синтезованих сполук.

Крім того, у посібнику представлений якісний аналіз хімічних елементів та визначення структурних фрагментів основних класів органічних сполук, що дає можливість синтетику бути впевненим в одержанні речовини заданої структури. Особливо інформативними в цьому відношенні є фізико-хімічні методи аналізу: ІЧ-, ЯМР-, мас-спектрометрія, а також різноманітні види хроматографії.

Тому саме ці питання і розкриті у другій частині книги, яка є керівництвом, що допоможе у плануванні синтезу, виборі найбільш доцільного шляху синтезу.

Сподіваємось, що така логіка розташування теоретичного матеріалу буде сприяти формуванню алгоритму роботи студента: від будови і властивостей сполук до хімічних реакцій і лише потім – до синтезу органічних речовин.

## Рекомендована література

1. Алексеев В.В. Практикум з органічного синтезу. – Київ: Вища школа, 1970. – 298 с.
2. Бакстон Ш., Робертс С. Введение в стереохимию органических соединений. – М.: Мир, 2005. – 311 с.
3. Беккер Г. Введение в электронную теорию органических реакций. – М.: Мир, 1977. – 658 с.
4. Васильева Н.В., Смолина Т.А., Тимофеева В.К., Куплетская Н.Б., Птицына О.А. Органический синтез. – М.: Просвещение, 1986. – 367 с.
5. Веселовская Т.К., Мачинская И.В., Прижилголовская Н.М., Горбунова В.М., Сушкевич Ю.И. Вопросы и задачи по органической химии. – М.: Высшая школа, 1988. – 256 с.
6. Воскресенский П.И. Техника лабораторных работ. – М.: Химия, 1973. – 717 с.
7. Гауптман З., Грефе Ю., Ремане Х. Органическая химия. – М.: Мир, 1979. – 832 с.
8. Гитис С.С., Глаз А.И., Иванов А.В. Практикум по органической химии. Органический синтез. – М.: Высшая школа, 1991. – 303 с.
9. Гинзбург О.Ф., Завгородний В.С., Зубрицкий Л.М., Павлова Л.А., Ралль К.Б., Севбо Д.П., Стадничук М.Д. Практикум по органической химии. Синтез и идентификация органических соединений. – М.: Высшая школа, 1989. – 318 с.
10. Днепровский А.С., Темникова Т.И. Теоретические основы органической химии. – Л.: Химия, 1979. – 520 с.
11. Домбровський А.В., Найдан В.М. Органічна хімія. – К.: Вища школа, 1992. – 503 с.
12. Ионин Б.И., Ершов Б.А. ЯМР-спектроскопия в органической химии. – Л.: Химия, 1967. – 328 с.
13. Ингольд К. Теоретические основы органической химии. – М.: Мир, 1973. – 1056 с.
14. Казицина Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. – М.: МГУ, 1979. – 238 с.
15. Каррер П. Курс органической химии. – М.: Госхимиздат, 1960. – 1216 с.
16. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи, 2009. – 868 с.
17. Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук. – Львів: Інтеллект-захід. – 2004. – 557 с.
18. Матье Ж., Панико Р. Курс теоретических основ органической химии. – М.: Мир, 1975. – 556 с.
19. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. – М.: Мир, 1974. – 1132 с.
20. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа, 1990. – 752 с.
21. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия, 1974. – Т. 1. – 624 с.; Т. 2. – 744 с.
22. Основной практикум по органической химии. /Под ред. Г. Кемптера. – М.: Мир, 1973. – 208 с.
23. Пентин Ю.В., Вилков Л.В. Физические методы исследования в химии. – М.: Мир, ООО «Издательство АСТ», 2003. – 683 с.

## Рекомендована література

24. Потапов В.М. Стереохимия. – М.: Химия, 1976. – 695 с.
25. Рагойша А.А. Текстовый поиск научной химической информации в интернете. – Минск: БГУ, 2012. – 64 с.
26. Речицький О.Н. Реакційна здатність органічних сполук та напрямок проходження деяких органічних реакцій. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2002. – 76 с.
27. Речицький О.Н., Решнова С.Ф. Органічна хімія в схемах. – Херсон: ХДУ, 2014. – Т. 1. – 438 с. – Т. 2. – 442 с. – Т. 3. – 274 с.
28. Робертс Дж., Касерио М. Органическая химия. – М.: Мир, 1968. – Т. 1. – 592 с.; Т. 2. – 550 с.
29. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. – М.: Химия, 1991. – 448 с.
30. Сильверстейн Р., Басслер Г., Морил Т. Спектрометрическая идентификация органических соединений. – М.: Мир, 1977. – 590 с.
31. Смит В., Бочков А., Кейпл Р. Органический синтез. Наука и искусство. – М.: Мир, 2001. – 574 с.
32. Справочник химика. – Л. – М.: Химия, 1964. – Т. 2. – 1168 с.
33. Терней А. Современная органическая химия. – М.: Мир, 1981. – Т. 1. – 678 с., Т. 2. – 651 с.
34. Физер Л., Физер М. Органическая химия. – М.: Химия, 1970. – Т. 1. – 688 с.; Т. 2. – 800 с.
35. Физер Л., Физер М. Реагенты для органического синтеза. – М.: Мир, 1970. – Т. 1. – 477 с.; 1970. – Т. 2. – 479 с.; 1970. – Т. 3. – 479 с.; 1971. – Т. 4. – 487 с.; 1971. – Т. 5. – 420 с.; 1975. – Т. 6. – 398 с., 1978. – Т. 7. – 724 с.
36. Чирва В.Я., Ярмолук С.М., Толкачова Н.В., Земляков О.Є. Органічна хімія. – Львів: Бак., 2009. – 996 с.