



О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

4



Лаборатория
ЗНАНИЙ

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

4

В 4-х частях

Часть 4

8-е издание

Допущено Министерством образования Российской Федерации
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению и специальности «Химия»



Москва
Лаборатория знаний

УДК 547
ББК 24.2я73
Р44

*Печатается
по решению Ученого совета
Московского государственного университета
имени М. В. Ломоносова*

Рецензенты:

кафедра органической химии ТСХА (заведующий кафедрой доктор химических наук, профессор В. Н. Дрозд); доктор химических наук, профессор Ю. И. Смушкевич; академик РАН Н. С. Зефирова

Реутов О. А.

Р44 Органическая химия : в 4 ч. Ч. 4 / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. — 8-е изд. — М. : Лаборатория знаний, 2022. — 726 с. : ил.

ISBN 978-5-93208-279-9 (Ч. 4)

ISBN 978-5-93208-275-1

В учебнике систематически описаны органические соединения по классам, а также изложены основные теоретические положения органической химии. Строение и свойства органических соединений рассмотрены с позиций как теории электронных смещений, так и теории молекулярных орбиталей.

В четвертую часть вошли главы, посвященные химии непереходных металлов, а также некоторым типам органических реакций и металлокомплексному катализу. Кратко изложены основы промышленного органического синтеза и планирование многостадийных синтезов.

Для студентов университетов и химико-технологических вузов, аспирантов и специалистов.

УДК 547
ББК 24.2я73

По вопросам приобретения обращаться:

«Лаборатория знаний»

Телефон: (499) 157-5272, e-mail: info@pilotLZ.ru, <http://www.pilotLZ.ru>

ISBN 978-5-93208-279-9 (Ч. 4)
ISBN 978-5-93208-275-1

© Лаборатория знаний, 2022
© МГУ имени М. В. Ломоносова,
художественное оформление, 2003

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Глава 23.</i> Органические соединения непереходных металлов ..	6
<i>Глава 24.</i> Электрофильное замещение у насыщенного атома углерода	92
<i>Глава 25.</i> Перициклические реакции	150
<i>Глава 26.</i> Внутримолекулярные перегруппировки	299
<i>Глава 27.</i> Органические соединения переходных металлов и металлокомплексный катализ.....	413
<i>Глава 28.</i> Промышленный органический синтез	554
<i>Глава 29.</i> Планирование многостадийных синтезов	637
Оглавление 1–3 частей учебника	724

Глава 23

ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ НЕПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

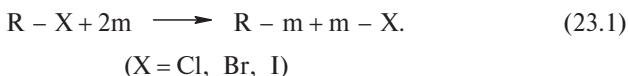
23.1. Литийорганические соединения	10
23.1.1. Строение молекулы RLi	10
23.1.2. Состояние литийорганических соединений в растворе	11
23.1.3. Методы получения литийорганических соединений	13
23.1.3.а. Взаимодействие органических галогенидов с металлическим литием	13
23.1.3.б. Взаимодействие органических галогенидов с литийорганическими соединениями	14
23.1.3.в. Металлирование СН-кислот литийорганическими соединениями	16
23.1.3.г. Другие методы получения литийорганических соединений	20
23.1.4. Реакции литийорганических соединений	21
23.1.4.а. Замещение (табл. 23.1)	21
23.1.4.б. Присоединение по кратным связям (табл. 23.1)	25
23.1.5. Литийдиалкилкупраты	28
23.1.5.а. Сравнение литийдиалкилкупратов с литийалкилами	29
23.1.5.б. Реакции литийдиалкилкупратов	31
23.2. Магнийорганические соединения	35
23.2.1. Строение реактивов Гриньяра	36
23.2.2. Методы получения магнийорганических соединений	37
23.2.3. Магнийорганические соединения в органическом синтезе	39
23.2.3.а. Присоединение по кратным углерод-углеродным связям	39
23.2.3.б. Присоединения по кратным связям углерод-кислород и углерод-сера	41
23.2.3.в. Присоединение по кратным связям углерод-азот	46
23.2.3.г. Реакции с органическими галогенидами	48
23.2.3.д. Реакция с простыми эфирами	51
23.2.3.е. Другие реакции магнийорганических соединений	52
23.3. Алюминийорганические соединения	53
23.3.1. Строение алюминийорганических реагентов	54
23.3.2. Получение алюминийорганических соединений	55
23.3.2.а. Диалкилалюминийгидриды	56
23.3.2.б. Гидроалюминирование	56
23.3.3. Реакции алюминийорганических соединений	60
23.4. Ртутьорганические соединения	64
23.4.1. Получение ртутиорганических соединений	65
23.4.2. Ртутьорганические соединения в синтезе	69
23.4.2.а. Замена ртути на водород	69
23.4.2.б. Замена ртути на алкильную или ацильную группу	70
23.4.2.в. Замена ртути на галоген	71
23.4.2.г. Карбеноидное элиминирование	72
23.5. Соединения других металлов	73
23.5.1. Цинкорганические соединения	73
23.5.2. Таллийорганические соединения	76
23.5.3. Оловоорганические соединения	83

Металлоорганические соединения занимают промежуточное положение между органическими и неорганическими веществами и являются предметом изучения металлоорганической химии — раздела науки, возникшего на стыке органической и неорганической химии. Значение металлоорганических соединений в органическом синтезе очень велико. Например, синтезы с помощью литий- и магнийорганических соединений представляют одну из самых частых операций в любой лаборатории органического синтеза. Исключительно важную роль играет промышленный металлокомплексный катализ. Здесь основную роль играют соединения переходных металлов: π -комплексы, карбеновые комплексы и т.п.

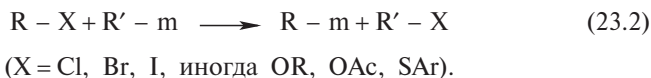
В данной главе рассмотрены органические соединения переходных металлов; соединения переходных металлов и металлокомплексный катализ см. в главе 27. Соединения переходных металлов, как правило, содержат связи углерод–металл, относящиеся к σ -типу, т.е. близко напоминают обычные органические соединения. В этих соединениях для металла характерна 2-, 4-, 6- или 8-электронная валентная оболочка. В соединениях переходных металлов валентная оболочка металла обычно содержит 18 или 16 электронов.

Для синтеза металлоорганических соединений переходных металлов с σ -связями углерод–металл применяют следующие основные методы (символ m означает один эквивалент металла, например: $m = \text{Li}, \text{MgCl}, \text{HgCl}, \text{Sn}(\text{CH}_3)_3$ и т.д.).

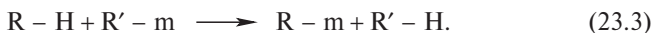
Реакция галогенорганических соединений с металлами:



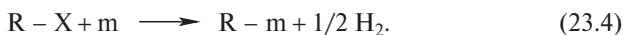
Реакция галогенорганических соединений с металлоорганическими соединениями:



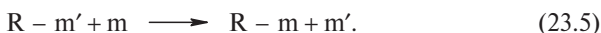
Металлирование CH -кислот металлоорганическими соединениями:



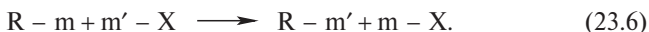
Металлирование CH -кислот металлами:



Переметаллирование нульвалентными металлами:

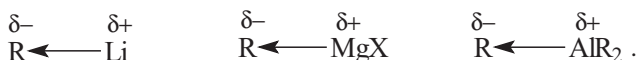


Переметаллирование солями металлов:



Если металлы образуют достаточно устойчивые смешанные гидриды, например R_2AlH , то еще одним методом получения металлоорганических соединений является присоединение таких гидридов к двойным и тройным связям (см. 23.3.2).

Полученные одним из указанных способов металлоорганические соединения обычно сразу используются в дальнейшем синтезе. Эти соединения являются донорами карбанионов и реагируют по месту наименьшей электронной плотности молекулы субстрата (электрофила), например по атому углерода карбонильной группы. В карбанионных синтезах чаще всего используют соединения лития, магния (реактивы Гриньяра), цинка (реакция Реформатского) и алюминия. Эти соединения наиболее реакционноспособны (по сравнению, например, с ртуть- или оловоорганическими производными); их называют «полярными металлоорганическими соединениями», подразумевая относительно высокую степень полярности связи углерод–металл, т.е. «карбанионный характер» органических соединений щелочных, щелочноземельных металлов и алюминия:



Основные реакции полярных металлоорганических соединений приведены в табл. 23.1.

Таблица 23.1

Основные реакции полярных σ -металлоорганических соединений $R-m$ ($m = Li, MgX, AlR_2, ZnX$ и т.д.) (Z — чаще всего галоген)

1. Замещение (второй продукт mZ)

1. $R-m + H-Z \longrightarrow R-H$ (протодеметаллирование)
2. $R-m + Z-B(OR')_2 \longrightarrow R-B(OR')_2$ (бордеметаллирование)
3. $R-m + Z-R' \longrightarrow R-R'$ (сочетание)
4. $R-m + \begin{array}{c} | \\ >C=C-C-Z \\ | \end{array} \longrightarrow R-\begin{array}{c} | \\ C-C=C \\ | \end{array}$ (аллильное замещение с изомеризацией)
5. $R-m + -C \equiv C-\begin{array}{c} | \\ C-Z \\ | \end{array} \longrightarrow R-\begin{array}{c} | \\ C=C=C \\ | \end{array}$ (пропаргильное замещение с алленовой изомеризацией)

6. $R-m + \begin{array}{c} \diagup \\ \text{C} \\ \diagdown \\ \diagup \\ \text{C} \\ \diagdown \\ \text{O} \end{array} \longrightarrow R-\begin{array}{c} | \\ \text{C} \\ | \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{OH} \end{array}$ (удлинение углеродной цепи на два атома)
7. $R-m + Z-\begin{array}{c} | \\ \text{C} \\ | \\ \text{C} \\ | \end{array} \longrightarrow R-\begin{array}{c} | \\ \text{C} \\ | \\ \text{C} \\ | \end{array}$ (винильное нуклеофильное замещение)
8. $R-m + Ar-Z \longrightarrow R-Ar$ (ароматическое нуклеофильное замещение)
9. $R-m + Z-\begin{array}{c} | \\ \text{C} \\ || \\ \text{O} \end{array} \longrightarrow R-\begin{array}{c} | \\ \text{C} \\ || \\ \text{O} \end{array}$ (синтез кетонов)
10. $R-m + Z-CN \longrightarrow R-CN$ (синтез нитрилов)
11. $R-m + Z-\text{ЭR}'_n \longrightarrow R-\text{ЭR}'_n$
(Э = Si, N, P, Hg, Sn, Pb и т.д.) (синтез элементоорганических соединений)
12. $R-m + Z-NO_2 \longrightarrow R-NO_2$ (синтез нитросоединений)
13. $R-m + O_2 \xrightarrow{H_3O^+} ROOH \xrightarrow{[H]} R-OH$ (окисление)
14. $R-m + Z_2 \longrightarrow R-Z$ (галодеметаллирование)
15. $R-m + S_8 \longrightarrow R-S^-$ $R-m + Z-SR' \longrightarrow R-S-R'$ (синтез тиолов и сульфидов)

2. Присоединение

16. $R-m + \begin{array}{c} \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \end{array} \xrightarrow{H_3O^+} R-\begin{array}{c} | \\ \text{C} \\ | \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ (присоединение к алкенам)
17. $R-m + -C \equiv C- \longrightarrow R-\begin{array}{c} | \\ \text{C} \\ | \\ | \\ \text{C} \\ | \end{array}-$ (присоединение к алкинам)
18. $R-m + -\begin{array}{c} | \\ \text{C} \\ | \\ \text{N} \\ | \end{array} \xrightarrow{H_3O^+} R-\begin{array}{c} | \\ \text{C} \\ | \\ \text{NH} \\ | \end{array}$ (присоединение к иминам)
19. $R-m + -C \equiv N \xrightarrow{H_3O^+} R-\begin{array}{c} | \\ \text{C} \\ || \\ \text{NH} \end{array}$ (присоединение к нитрилам)
20. $R-m + \begin{array}{c} | \\ \text{C} \\ || \\ \text{O} \end{array} \xrightarrow{H_3O^+} R-\begin{array}{c} | \\ \text{C} \\ | \\ \text{OH} \end{array}$ (синтез первичных, вторичных и третичных спиртов)
21. $R-m + CO_2 \xrightarrow{H_3O^+} RCOOH$ (карбонизация)
22. $R-m + CO \longrightarrow R_2CO$ (карбонилирование)
23. $R-m + CS_2 \longrightarrow R-CSSH$ (синтез дитиокислот)

Данные этой таблицы показывают, что σ -металлоорганические соединения обладают чрезвычайно богатыми синтетическими возможностями, так как способны реагировать практически с любым электрофилом.

23.1. ЛИТИЙОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

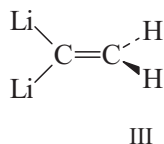
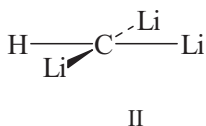
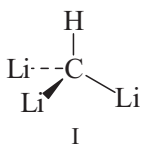
23.1.1. СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ RLi

Литийорганические соединения RLi (R = алкил), так же как реактивы Гриньяра RMgX (X = галоген), используются в органическом синтезе в качестве источника соответствующих карбанионов R^\ominus . В литературе очень часто не делают различия между RLi и карбанионом R^\ominus . До какой степени это верно? Экспериментально дать ответ на этот вопрос очень трудно, поскольку нельзя сравнить RLi с R^\ominus из-за чрезвычайно низкой стабильности алкильных карбанионов (см. гл. 3) а также потому, что в растворах молекулы RLi сильно ассоциированы между собой в агрегаты $(\text{RLi})_6$, $(\text{RLi})_4$ и т.п., и эти агрегаты содержат гексакоординированный или даже гептакоординированный атом углерода.

Вопрос о том, насколько полярна связь C–Li, до настоящего времени остается предметом активных дебатов. Дипольный момент метиллития велик (~5,7 Д), и это должно свидетельствовать о том, что связь C–Li сильно ионная. Тем не менее многие литийорганические соединения совсем непохожи на солеобразные соединения: например, они довольно низкоплавки (за исключением метиллития). Существование полилитиированных соединений типа CLi_4 также свидетельствует не в пользу ионного характера связи C–Li, так как структура $\text{C}^{4-} \dots 4\text{Li}^+$ кажется маловероятной (четыре отрицательных заряда на углероде!)

Литиевые производные сильных СН-кислот, например енолят-ионов и др., являются ионными и в растворах могут диссоциировать на R^- и Li^+ .

Строение ди- и трилитиевых производных часто бывает довольно необычным. Так, расчеты показывают, что трилитийметан CHLi_3 должен иметь не тетраэдрическую (I), а плоскую (II) конфигурацию, а 1,1-дилитийэтилен — не плоский, а квазитетраэдрический (III):



Причины появления таких необычных молекулярных структур рассматриваются в гл. 2.

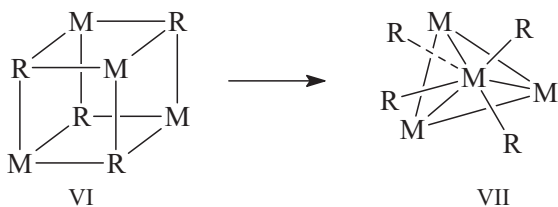
23.1.2. СОСТОЯНИЕ ЛИТИЙОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В РАСТВОРЕ

Формула $R\text{Li}$ обычно не соответствует истинной, значительно более сложной структуре этих соединений в кристаллической форме и в растворах. Действительно, литийалкилы в растворах углеводородов существуют в виде гексамерных агрегатов. Степень ассоциации понижается, если молекулы растворителя являются донорами электронов, способными координироваться с атомом лития. Понижение степени ассоциации может быть связано и с пространственными препятствиями, а также со способностью органической группы к делокализации отрицательного заряда. Например, в циклогексане $n\text{-C}_4\text{H}_9\text{Li}$ — гексамер, а в диэтиловом эфире — тетрамер, тогда как *трет*- $\text{C}_4\text{H}_9\text{Li}$ тетрамерен и в углеводородных растворителях; бензиллитий является димером в бензоле и мономером — в тетрагидрофуране.

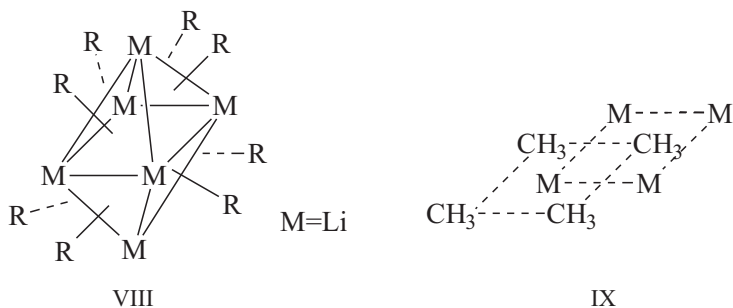
В димерах $(R\text{Li})_2$, к которым относится, например, кристаллический $\text{C}_6\text{H}_5\text{Li} \cdot \text{TMЭДА}$, углерод пентакоординирован и, аналогично иону CH_5^+ (гл. 4), связь между двумя атомами лития и углеродом является двухэлектронной трехцентровой, т.е. неклассической (IV):



В тетрамерах, примерами которых являются кристаллические CH_3Li , $\text{C}_2\text{H}_5\text{Li}$, $n\text{-C}_4\text{H}_9\text{Li}$, *трет*- $\text{C}_4\text{H}_9\text{Li}$, а также CH_3Li и $n\text{-C}_4\text{H}_9\text{Li}$ в растворах в диэтиловом эфире и $\text{C}_2\text{H}_5\text{Li}$ — в газовой фазе, образуются четырехцентровые связи (V), т.е. углерод гексакоординирован. В результате получаются структуры типа VII, в которых алкильные группы находятся над центрами граней тетраэдра, образованного четырьмя атомами металла. Прямых связей углерод–металл здесь нет. Исследование тетрамерного метиллития методом ЯМР на ядрах ^7Li и ^{13}C показало, что связи между ядрами лития имеют практически нулевой порядок, и каждая метильная группа взаимодействует с тремя из четырех атомов лития. Образование такой структуры можно представить как искажение кубической решетки с прямыми связями C-Li (VI) путем сближения несоседствующих углов куба:

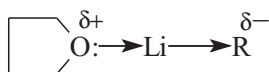


В гексамерах по данным рентгеноструктурного анализа атомы лития образуют октаэдр (VIII).

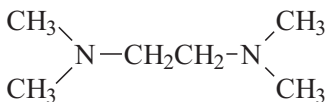


Метилкалий, метилрубидий и метилцезий имеют полимерную структуру (IX), в которой между слоями катионов металла лежат слои sp^3 -гибридизованных метильных анионов. В этом случае, вероятно, образуются четырехцентровые двухэлектронные связи (V).

Обычно реакционная способность литийорганических соединений тем выше, чем меньше степень ассоциации. Поэтому при проведении реакций важную роль играет выбор растворителя. Донорные (основные) растворители увеличивают реакционную способность литийорганических соединений за счет понижения степени ассоциации и увеличения карбанионного характера соединения вследствие координации по атому металла:



Особенно сильно на реакционную способность литийорганических соединений влияют бидентатные лиганды, например N, N, N', N'-тетраметилэтилендиамин (ТМЭДА), 1,4-диазабисцикло[2.2.2]октан (ДАБЦО) и т.п.:



ТМЭДА



ДАБЦО

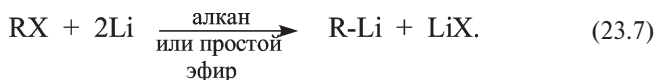
Оптически активные алкиллитиевые соединения $R_1R_2R_3CLi$ в растворах конфигурационно нестабильны, т.е. быстро рацемизируются, однако циклопропильные производные гораздо стабильнее. Причины обсуждались в гл. 3 (см. гл. 3, ч. 1).

23.1.3. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТИЙОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

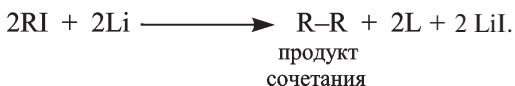
Для получения литийорганических соединений наиболее часто используются первые из указанных выше методов (реакции 23.1, 23.2 и 23.3), поэтому они будут рассмотрены в первую очередь.

23.1.3.а. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ГАЛОГЕНИДОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИТИЕМ

Большинство простейших алкил- или ариллитиевых соединений получают путем взаимодействия соответствующих галогенидов с металлом:



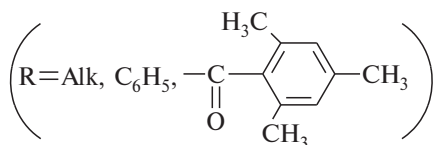
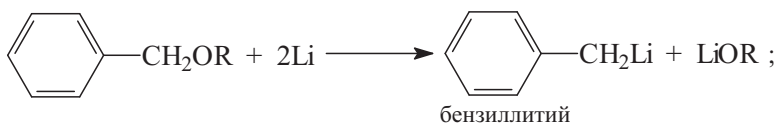
Эта реакция менее исследована, чем аналогичная реакция Гриньяра (см. 23.2), но, вероятно, имеет аналогичный механизм, включающий в качестве первой стадии перенос электрона от металла к RX , т.е. восстановление органического галогенида. В качестве растворителей можно использовать алканы или простые эфиры. Обычно для реакции с литием берут хлориды или бромиды, так как иодиды проявляют тенденцию к образованию продуктов реакции сочетания:



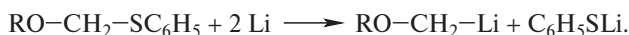
Эта реакция аналогична реакции Вюрца, которая проводится с натрием.

Для образования литийорганического соединения в реакции (23.7) необходимо, чтобы металлический литий содержал примеси натрия. При получении бутиллития поверхность металла рекомендуется покрыть порошкообразной медью.

При попытке получить бензил- или аллиллитий по реакции (23.7) получают главным образом продукты реакции Вюрца, поэтому бензил- и аллиллитий получают не из галогенидов, а из соответствующих алкиловых, фениловых или мезитиловых эфиров:



Можно использовать также сульфиды, которые восстанавливаются легче, чем эфиры, например:



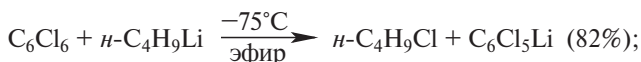
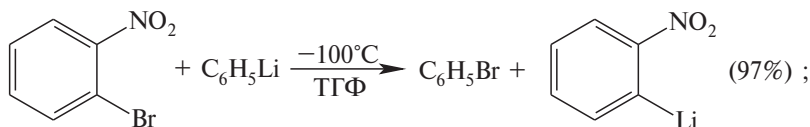
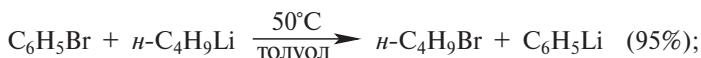
23.1.3.6. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ГАЛОГЕНИДОВ С ЛИТИЙОРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

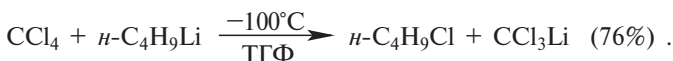
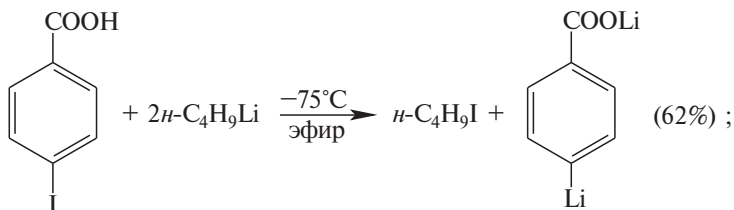
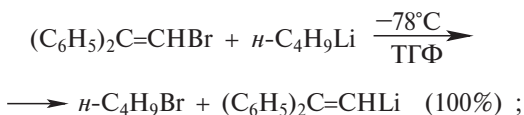
Удобным методом получения литийорганических соединений является обмен галогена на металл:



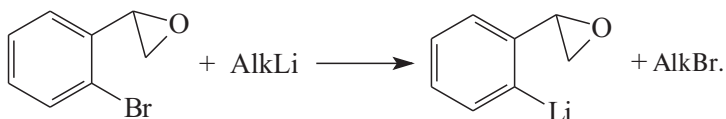
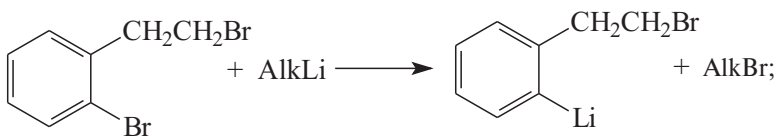
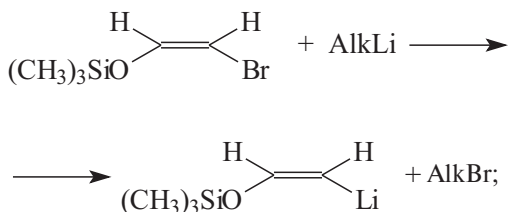
Реакция обратима; наиболее легко она протекает с иодидами и бромидами, труднее — с хлоридами и практически не идет с фторидами.

Обычно в качестве исходного литийорганического соединения R'Li берут бутил- или фениллитий, а в качестве растворителя — простые эфиры или углеводороды. Ниже приведены некоторые примеры такой реакции с указанием процентного выхода продукта:





Реакция обмена галогена на металл идет при низких температурах, и часто ее проводят при -78°C и даже при -100°C . При этом достигается подавление побочных реакций, к которым относятся алкилирование, металлирование галоидопроизводного, α - и β -элиминирование, а также реакции, протекающие с участием функциональных групп, например:



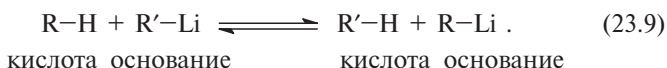
(Alk = *n*-C₄H₉, *трет*-C₄H₉; -70 – $(-100)^\circ\text{C}$; в ТГФ или эфире)

В этих примерах при низких температурах образуются исключительно винильные или арильные соединения лития, а другие функциональные группы не затрагиваются. При комнатной температуре будут реагировать функциональные группы.

Механизм реакции обмена галогена на металл (уравнение 23.8) не вполне выяснен.

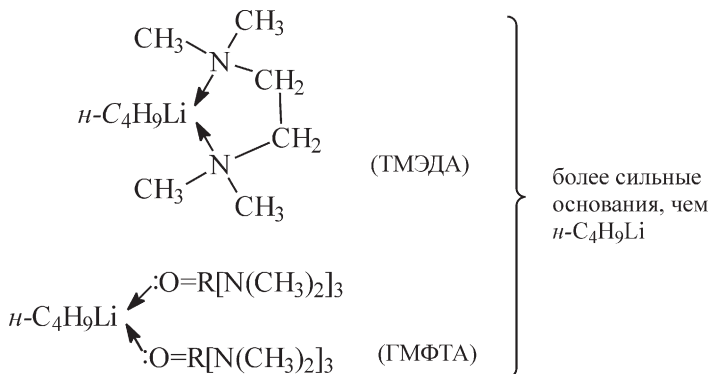
23.1.3.в. МЕТАЛЛИРОВАНИЕ СН-КИСЛОТ ЛИТИЙОРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Эта реакция относится к числу бренстедовских кислотно-основных взаимодействий:

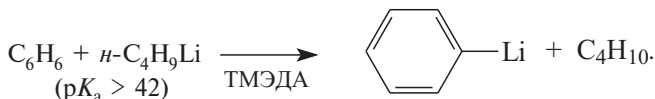
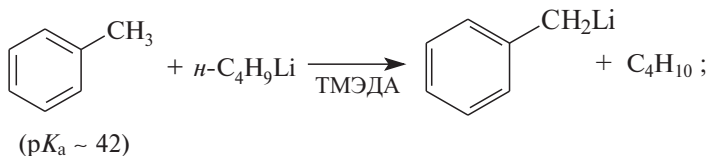
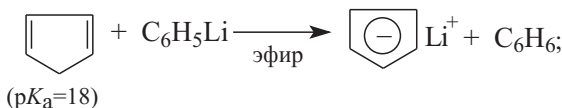
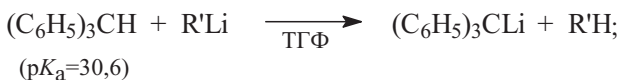


Следовательно, равновесие будет сдвинуто вправо, если кислота RH сильнее, чем $\text{R}'\text{H}$, т.е. $pK_a(\text{RH}) < pK_a(\text{R}'\text{H})$. Самыми слабыми из СН-кислот являются алканы, поэтому наиболее универсальными реагентами $\text{R}'\text{Li}$ в реакции 23.9 должны быть алкиллитиевые соединения; они будут металлировать большинство более кислых СН-кислот, включая арены и олефины. Легкость (экзотермичность) металлирования зависит от разности ΔpK_a между кислотами $\text{R}'\text{H}$ и RH : чем больше эта разность, тем равновесие реакции 23.9 более сдвинуто вправо.

Если замещаемый протон недостаточно кислый (ΔpK_a мало), то реакцию рекомендуется проводить в присутствии электронодонорных (сольватирующих литий) растворителей (ТГФ, гексаметилфосфортриамид — ГМФТА), или лигандов (ТМЭДА, ДАБ-ЦО), или при добавлении алкоксидов калия, превращающих литийорганические соединения в более реакционноспособные соединения калия. Электронодонорные добавки, сольватируя литий, увеличивают эффективную основность $\text{R}'\text{Li}$ (см. гл. 3, ч. 1):

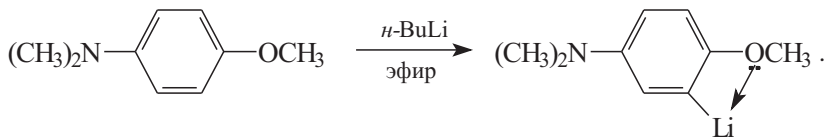
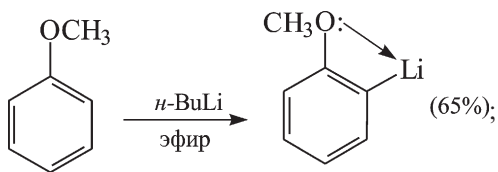


С высокими выходами (>90%), например, осуществлены следующие реакции (pK_a из табл. 3.16, ч. 1):



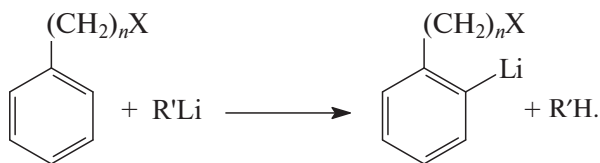
Заместители в кислоте RH по-разному влияют на металлизирование.

1. В ароматических субстратах электроотрицательные ($-I$)-заместители ($-NR_2$, $-OR$, $-Hal$) направляют металлизирование в *орто*-положение:

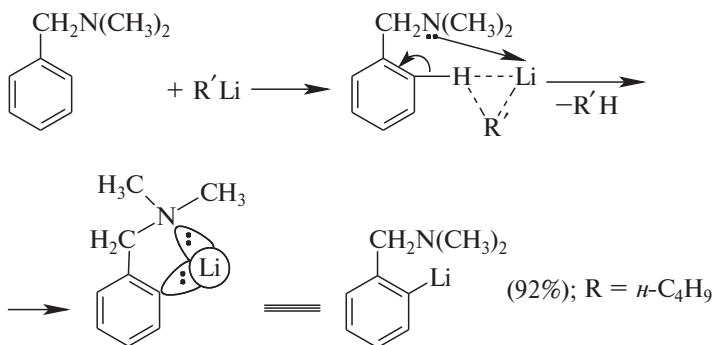


Это согласуется с ориентацией изотопного обмена водорода в ароматических СН-кислотах (см. гл. 3, ч. 1). Однако атака в *орто*-положение определяется не только одним полярным эффектом (т.е. индуктивным эффектом в сумме с эффектом поля) такого заместителя, но и способностью заместителя к координации с

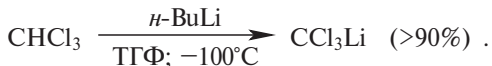
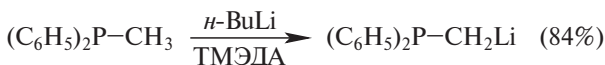
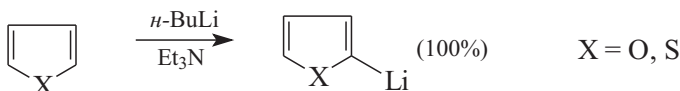
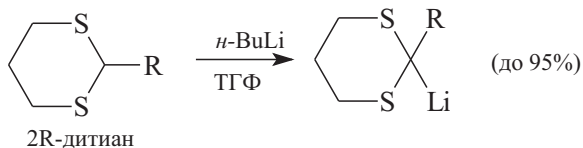
$R'Li$. Так, введение метиленовых звеньев между электроотрицательным заместителем и бензольным кольцом все равно направляет реакцию в *орто*-положение:



На примере диметиламинометилбензола механизм *орто*-атаки можно представить следующей схемой:



2. Электроотрицательные заместители в открытой цепи или в гетероцикле ускоряют металлизирование в α -положение за счет делокализации заряда по механизму индуктивного эффекта:



[. . .]

Органическая химия может кого угодно свести с ума. Она представляется мне дремучим лесом, полным чудес, бездонной чашей без берегов, куда так хочется, но страшно нырнуть.

Фридрих Веллер

(Из письма своему наставнику,
великому Й. Я. Берцелиусу, 1935 г.)

Этот учебник не проведет вас прямой мошеной дорогой через густые органические заросли, но и не даст утонуть в изобилии соединений, реакций, механизмов, структур. Он укажет верную тропинку по твердой научной почве, создаст упорядоченный правильный образ в вашем еще не слишком перегруженном, но ищем мозгу будущего открывателя науки.