

Ю. Гольдберг, Э. Абеле, К. Рубина,
Ю. Попелис, М. Шиманска

КОМПЛЕКСЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ПРОХИРАЛЬНЫХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ КЕТОНОВ С β -ЦИКЛОДЕКСТРИНАМИ И ИХ ВОССТАНОВЛЕНИЕ БОРГИДРИДОМ НАТРИЯ

Алкил(2-фурил)-, алкил(2-тиенил) и метилпиридилкетоны образуют стехиометрические комплексы включения с β -циклодекстринами. Восстановление этих комплексов в водном растворе Na_2CO_3 при комнатной температуре приводит к соответствующим вторичным спиртам с оптическим выходом, достигающим 27%.

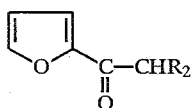
Прохиральные фурил-, тиенил- и пиридилсодержащие кетоны являются наиболее удобными предшественниками соответствующих хиральных вторичных гетероциклических спиртов. Оптически активные алкилфурил-, алкилтиенил- и алкилпиридилкарбинолы, в свою очередь, активно исследуются в качестве хиральных синтонов для асимметрического синтеза [1—8]. В настоящее время известны следующие методы получения оптически активных фурил- и тиенилкарбинолов: асимметрическое восстановление соответствующих кетонов (химическое восстановление с использованием хирально модифицированных LiAlH_4 и LiBH_4 [1, 9, 10] или микробиологическое восстановление с помощью baker's yeast [11, 12]), кинетическое превращение рацемических спиртов реагентом Шарплесса [3, 8, 13], энантиоселективный гидролиз эфиров гетероциклических спиртов [14, 15], а также алкилирование фуран- и тиофенальдегидов диэтилцинком в присутствии хиральных β -аминоспиртов в качестве катализаторов [16, 17]. Основным методом получения оптически активных 1-пиридилэтанолов является химическое или микробиологическое асимметрическое восстановление ацетилпиридинов [7, 11, 18].

Асимметрические реакции прохиральных соединений в хиральном окружении, роль которого играют циклодекстрины (ЦД), активно исследуются в течение последнего десятилетия. ЦД, циклические олигосахариды, состоящие из шести, семи или восьми α -1,4-соединенных колец D-глюкопиранозы, образуют комплексы включения с самыми разнообразными молекулами «гостями» [19—21]. Асимметрическое влияние ЦД матрицы продемонстрировано во многих реакциях с участием ЦД комплексов прохиральных соединений: галогенирование и гидрогалогенирование алкенов [22], гидроцианирование альдегидов [23], окисление сульфидов в сульфоксиды [24], эпоксидование олефинов [25—27], восстановление ароматических кетонов [28—33] и присоединение по Михаэлю [34]. Реакции проводились в гетерогенных условиях при участии кристаллических ЦД комплексов или в гомогенных растворах.

В настоящей работе рассматривается синтез комплексов β -циклодекстрина с алкилгетарилкетонами и их восстановление боргидридом натрия. Насколько нам известно, в литературе нет данных о взаимодействии гетероциклических кетонов с ЦД.

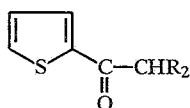
Комплексы ЦД с гетероциклическими кетонами синтезировались по известной методике [19—21], заключающейся в прибавлении «гостя» к насыщенному водному раствору «хозяина», в данном случае — β -ЦД.

Кетоны Ib—д, ж—к были получены алкилированием соответствующих гетероциклов алкилгалогенидами в условиях межфазного катализа [35]. При



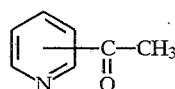
Ia-д

Ia R = H, б R = CH₃,
в R = CH₂CH₃,
г R = CH₂CH₂CH₃,
д R = CH₂Ph



Ie-к

Ie R = H, ж R = CH₃,
з R = CH₂CH₃,
и R = CH₂CH₂CH₃,
к R = CH₂Ph



Il-н

Ik R = 2-пиридил
л R = 3-пиридил
м R = 4-пиридил

прибавлении жидких, несмешивающихся с водой алкил-(2-фурил)- (Iб—г) и алкил-(2-тиенил)кетонов (Iе—и) к насыщенному водному раствору β -циклодекстрина наблюдается постепенное образование комплекса, выпадающего в осадок. В случае твердых кетонов Id и Ik органические молекулы также вовлекаются в раствор с последующим выпадением в осадок образующегося комплекса включения.

Комплекс не образуется только в случае 2-ацетилфурана (Ia). По мере увеличения липофильности алкильного заместителя уменьшается растворимость образующегося комплекса и соответственно увеличивается его препаративный выход (таблица 1).

Растворимость комплексов β -циклодекстрина с ацетилпиридинами значительно выше, чем комплексов с фуран- и тиофенсодержащими кетонами. Вследствие этого комплексы ацетилпиридинов были синтезированы другим методом. Стехиометрическое количество кетона (Il—н) добавляли к теплomu (35...40 °C) насыщенному водному раствору β -ЦД и оставляли смесь при комнатной температуре на 12 ч. Затем воду упаривали при пониженном давлении. Кетоны Im,н образовывали с β -ЦД комплексы включения с количественным выходом; в случае 2-ацетилпиридина (Il) комплекс не образуется. Данные элементного анализа, а также ПМР спектроскопии (по соотношению интегральных интенсивностей сигналов протонов «гостя» и «хозяина») позволяют заключить, что гетероциклические кетоны с β -циклодекстрином образуют комплексы в соотношении 1 : 1.

В ПМР спектрах, зарегистрированных в D₂O для хорошо растворимых в воде комплексов, наблюдаются заметные сдвиги сигналов протонов циклодекстриновой матрицы (таблица 2), что ясно указывает на факт комплексообразования [36]. Сопоставление спектров ПМР индивидуальных кетонов Iб,е,м,н со спектрами их ЦД-комплексов также свидетельствует о наличии комплексообразования, так как сигналы всех протонов молекулы «гостя» сдвинуты в сторону сильных полей на 0,07...0,14 м. д. (см. табл. 2). Подобное сравнение для прочих кетонов невозможно из-за их нерастворимости в воде.

Таблица 1

Синтез комплексов гетероциклических кетонов с β -ЦД
(состав 1 : 1)

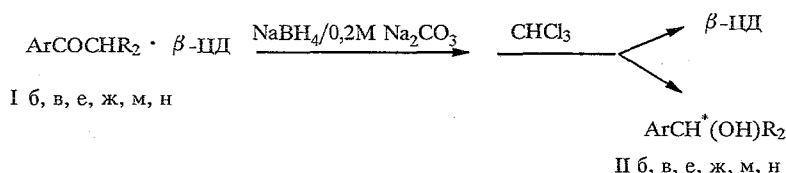
Кетон	Брутто-формула комплекса	Время реак-ции, ч	Выход, %	Кетон	Брутто-формула комплекса	Время реак-ции, ч	Выход, %
Iб	C ₅₀ H ₈₀ O ₃₇ ·H ₂ O	48	33	Iз	C ₅₂ H ₈₄ O ₃₆ S·3H ₂ O	48	76
Iв	C ₅₂ H ₈₄ O ₃₇ ·2H ₂ O	72	64	Iи	C ₅₄ H ₈₈ O ₃₆ S·H ₂ O	72	78
Iг	C ₅₄ H ₈₈ O ₃₇ ·2H ₂ O	72	74	Ik	C ₆₂ H ₈₈ O ₃₆ S·H ₂ O	48	81
Id	C ₆₈ H ₈₈ O ₃₇	48	76	Im	C ₄₉ H ₇₇ NO ₃₆ ·6H ₂ O	12	99
Ie	C ₄₈ H ₇₆ O ₃₆ S	48	50	In	C ₄₉ H ₇₇ NO ₃₆ ·6H ₂ O	12	99
Iж	C ₅₀ H ₈₀ O ₃₆ S·2H ₂ O	72	82				

Спектры ПМР гетероциклических кетонов и их комплексов с β -циклодекстрином
(360 МГц, D₂O/DSS)

Соединение	Химические сдвиги протонов «гостя»						Химические сдвиги протонов «хозяина»				
	H ₂	H ₄	H ₅	CH	CH ₂	CH ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅ +6-CH ₂
Iб β -ЦД	7,404	6,603	7,730	3,331	—	1,081	4,956	3,538	3,827	3,476	3,690
Iб	7,538	6,692	7,820	3,451	—	1,172	—	—	—	—	—
Iв β -ЦД	7,508	6,654	7,792	3,108	1,577	0,788	4,999	3,580	3,867	3,517	3,730
Iе β -ЦД	7,836	7,181	7,881	—	—	2,556	4,986	3,565	3,852	3,505	3,730
Iе	7,908	7,252	7,962	—	—	2,630	—	—	—	—	—
Iж β -ЦД	7,862	7,209	7,903	—*	—	1,153	4,994	3,574	3,856	3,514	3,710
Iз β -ЦД	7,926	7,249	7,979	3,302	1,642	0,835	5,030	3,611	3,889	3,552	3,750
	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	CH ₃					
Im β -ЦД	8,944	—	8,237	7,480	8,611	2,562	4,928	3,513	3,735	3,444	3,610
Im	9,076	—	8,372	7,601	8,728	2,693	—	—	—	—	—
In β -ЦД	8,619	7,740	—	7,740	8,619	2,560	4,927	3,511	3,735	3,442	3,600
In	8,730	7,856	—	7,856	8,730	2,690	—	—	—	—	—
β -ЦД	—	—	—	—	—	—	4,928	3,508	3,804	3,446	3,690

* Сигнал перекрывается сигналом протонов β -ЦД.

Для получения оптически активных гетарилкарбинолов синтезированные комплексы алкилгетарилкетонов Iб—к,м,н восстанавливали боргидридом натрия в 0,2 М водном растворе Na₂CO₃. Предварительные эксперименты показали, что связанные в комплекс кетоны восстанавливаются значительно медленнее, чем свободные. Это может определяться как уменьшением реакционной способности за счет комплексообразования, так и стерическими затруднениями и низкой растворимостью комплексов (последнее характерно для фуран- и тиофенсодержащих соединений — для них реакции идут практически в гетерогенных условиях). Кетоны Iг,д, з—к с высоколипофильными алкильными заместителями в этих условиях восстановить не удалось. Комплексы остальных кетонов медленно (2...8 сут) восстанавливались, в результате чего были получены соответствующие алкилгетарилкарбинолы IIб,в,е,ж,м,н.



Ar = 2-фурил, 2-тиенил, 3- и 4-пиридил; R = H, CH₃, CH₂CH₃

Продукты восстановления, выделенные с препаративным выходом 41...100%, обладали оптической активностью. Оптическая чистота и абсолютная конфигурация полученных карбинолов определялись на основании сопоставления с величинами и знаками оптического вращения чистых энантиомеров (таблица 3). Для сравнения энантиомерный избыток в

Таблица 3

Асимметрическое восстановление β -ЦД комплексов арилгетарилкетонов боргидридом натрия
(25°C, молярное соотношение кетон- β -ЦД : NaBH₄ ,1 : 2)

Исходный комплекс	Время реакции, сут	Карбинол	Выход, %	$[\alpha]_D^{25}$	Оптическая чистота, %*	Конфигурация	Энантиомерный избыток, % ²
Iб · β -ЦД	8	IIб	41	-0,69 (c=11,6, CHCl ₃)	4,0	S	1
Iв · β -ЦД	2	IIв	61	-4,28 (c=7,7, CHCl ₃)	—	* ³	13
Iе · β -ЦД	2	IIе	77	-1,75 (c=9,1, CHCl ₃)	7,5	S	6
Iж · β -ЦД	7	IIж	42	-5,35 (c=8,2, CHCl ₃)	34,0	S	27
Iм · β -ЦД	2	IIм	100	+8,00 (c=2,0, MeOH)	20,0	R	* ³
Iн · β -ЦД	2	IIн	100	+2,50 (c=2,0, EtOH)	6,0	R	* ³

* Рассчитано на основании максимального оптического вращения: (R)-(+)-(IIб): $[\alpha]_D^{25}$ +18,1 (>95%) (c=1,04, CHCl₃) [3]; (S)-(-)-(IIе): $[\alpha]_D^{25}$ -23,3 (100%) (c=1,5, CHCl₃) [37]; (R)-(+)-(IIж): $[\alpha]_D^{25}$ +14,2 (91%) (c=1,02, CHCl₃) [13]; (R)-(+)-(IIм): $[\alpha]_D^{25}$ +40,2 (100%) (c=0,87, MeOH) [38]; (R)-(+)-(IIн): $[\alpha]_D^{25}$ +46,7 (100%) (c=0,51, EtOH) [18].

² Рассчитано на основе результатов ГЖХ и ГЖХ/МС анализов соответствующих диастереомерных эфиров камфановой кислоты.

³ Не определяли.

случае фуран- и тиофенсодержащих спиртов определен также методом количественного ГЖХ и ГЖХ-МС анализа диастереомерных сложных эфиров, полученных реакцией соответствующих карбинолов и хлорангидрида камфановой кислоты (см. табл. 3). Анализ приведенных данных показывает, что асимметрическая индукция возрастает с увеличением объема алкильного заместителя. Оптический выход достигает максимума (27%) в случае Пж.

Для оценки влияния ЦД-матрицы были получены комплексы 3- и 4-ацетилпиридинов с модифицированными β -ЦД — гептакис(2,6-ди-О-метил)- и гептакис(2,3,6-три-О-метил)- β -циклодекстринами. Последние синтезированы частичным или исчерпывающим метилированием β -ЦД по методике [39]. Комплексы состава 1 : 1 (по данным спектров ПМР) получали аналогично комплексам с неметилированным β -ЦД. Проведенные эксперименты показали, что восстановление комплексов ацетилпиридинов с метилированными ЦД приводят к рацемическим 1-пиридилэтанолам. Таким образом, присутствие в матрице свободных ОН-групп является необходимым условием наличия асимметрической индукции. Проведенное исследование позволило установить, что прохиральные алкилгетарилкетоны образуют стехиометрические инклюзионные комплексы с β -циклодекстрином. Восстановление этих комплексов приводит к соответствующим вторичным спиртам с оптическим выходом до 27% [40].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Спектры ПМР зарегистрированы на спектрометре Bruker WM-360 при 360 МГц в D₂O или CDCl₃ с использованием ДСС или ТМС в качестве внутреннего стандарта. Масс-спектры были зарегистрированы на хромато-масс-спектрометре MS-25 (Kratos) с энергией ионизирующих электронов 70 эВ. ГЖХ анализ осуществляли на хроматографе Chrom-5 с пламенно-ионизационным детектором и стеклянной колонкой [2,4 м × 3 мм, заполненной 10% SE-30 + 2,5% Reoplex-400/Chromosorb W-AW (60...80 меш) для определения фурил- и тиенилсодержащих производных, и 1,2 м × 3 мм, заполненной 5% OV-17/Chromosorb W-HP (80...100 меш) — для пиридилсодержащих]. Газ-носитель — гелий (60 мл/мин). Температуру анализа варьировали в пределах 150...180 °С в зависимости от состава реакционной смеси. ГЖХ анализ диастереомерных сложных эфиров алкилгетарилкарбинолов и камфановой кислоты проводили на хроматографе Hewlett Packard (модель 5890) с кварцевой капиллярной колонкой HP-1 (5 м × 0,53 мм) при линейном программировании температуры от 100 до 200 °С со скоростью 4 °С/мин. Газ-носитель — гелий. Угол оптического вращения определяли на поляриметрах Autopol 2 (Rudolf Research) и Polamat A (Carl Zeiss).

β -Циклодекстрин (Reanal), хлорангидрид (1S)-(-)-камфановой кислоты, 2-ацетилтиофен и боргидрид натрия (Fluka) использовали без дополнительной очистки. Ацетилпиридины (Fluka) и 2-ацетилфуран (Реахим) перед работой перегоняли в вакууме. Алкил(2-фурил)- и алкил-(2-тиенил)кетоны были получены по методу, описанному в [35].

Синтез комплексов алкилфурил- (Ia—д) и алкилтиенилкетонов (Ie—к) с β -циклодекстрином (общая методика). К насыщенному раствору β -циклодекстрина в воде при комнатной температуре прибавляют эквимолярное количество соответствующего кетона и перемешивают в течение 48...72 ч. Выпавший осадок отфильтровывают и сушат сначала на воздухе, а затем в эксикаторе над P₂O₅. Выходы комплексов, данные элементного анализа и спектры ПМР приведены в таблицах 1, 2.

Синтез комплексов ацетилпиридинов (Im,n) с β -циклодекстринами (общая методика). β -Циклодекстрин (4,54 г, 4 ммоль) растворяют в 230 мл теплой (35...40 °С) дистиллированной воды. К полученному прозрачному раствору прибавляют соответствующий ацетилпиридин (0,484 г, 4 ммоль) и оставляют на ночь. Затем воду упаривают на ротационном испарителе, а полученный белый порошок высушивают в эксикаторе над P₂O₅. Получают 5 г (99%) комплекса Im,n × β -ЦД. Данные условий синтеза, спектров ПМР и элементного анализа приведены в таблицах 1, 2.

Восстановление β -циклодекстриновых комплексов алкилгетарилкетонов боргидридом натрия (общая методика на примере восстановления комплекса Iв · β -ЦД). К суспензии комплекса

Ив - β -ИД (9 г, 6,92 ммоль) в 0,2 М водном растворе Na_2CO_3 (35 мл) прибавляют NaNH_4 (0,53 г, 13,84 ммоль) и полученную смесь перемешивают в течение 48 ч при комнатной температуре. Ход реакции контролируют ГЖХ и ГЖХ-МС анализом. По окончании реакции смесь экстрагируют хлороформом (3 $\times$ 100 мл). Органический слой сушат над MgSO_4 , фильтруют и удаляют растворитель при пониженном давлении. Перегонка остатка в вакууме дает 0,71 г (выход 61 %) 1-(2-фурил)-2-этил-1-бутанола (Пв). ПМР (CDCl_3) δ : 0,84 (6H, м, $\text{CH}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_2$); 1,1...1,8 (5H, м, $\text{CH}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_2$); 1,89 (1H, уш. с, OH); 4,60 (1H, д, $J = 6$ Гц, CHOH); 6,15 (1H, д. д, $J_1 = 0,8$ Гц, $J_2 = 3,1$ Гц, 3-H); 6,27 (1H, д. д, $J_1 = 1,8$ Гц, $J_2 = 3,1$ Гц, 4-H); 7,29 (1H, д. д, $J_1 = 0,8$ Гц, $J_2 = 1,8$ Гц, 5-H). Элементный анализ: вычислено для $\text{C}_{16}\text{H}_{16}\text{O}_2$: C 71,39; H 9,59; найдено: C 70,94; H 9,63. Масс-спектр, m/z : 168 (M^+ , 3), 97 ($\text{M}^+ - \text{CHEt}_2$, 100), 69 (4), 55 (5), 41 (16). Время реакции, оптическое вращение и оптическая чистота приведены в таблице 3.

Определение энантиомерного избытка алкилфурил- и алкилтиенилкарбинолов (Пб,в,е,ж) (общая методика на примере Пв). 23,1 мг (0,137 ммоль) Пв, 0,15 г (0,867 ммоль) хлорангидрида (1S)-(-)-камфановой кислоты и 0,056 мл (0,687 ммоль) пиридина растворяют в сухом бензоле и перемешивают при комнатной температуре в течение 3 ч. По окончании реакции (ГЖХ контроль) соотношение диастереомерных эфиров определяют на капиллярной колонке методом ГЖХ, а также, для сравнения, ГЖХ-МС анализа. В результате обоих анализов, давших очень близкие величины, рассчитывают энантиомерный избыток преобладающего оптического изомера (см. табл. 3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sammes P. G., Thethford D. // J. Chem. Soc. Perkin Trans. I. — 1988. — N 1. — P. 111.
2. Kametani T., Tsubuki M., Tatsuzaki Y., Honda T. // Heterocycles. — 1988. — Vol. 27, N 9. — P. 2107.
3. Kusakabe M., Kitano Y., Kobayashi Y., Sato F. // J. Org. Chem. — 1989. — Vol. 54, N 9. — P. 2085.
4. Yamaguchi Y., Tatsuta N., Hayakawa K., Kanematsu K. // J. Chem. Soc. Chem. Commun. — 1989. — N 8. — P. 470.
5. Saltz U., Rüchardt C. // Chem. Ber. — 1984. — Vol. 117, N 12. — P. 3457.
6. Franck A., Rüchardt C. // Chem. Lett. — 1984. — N 8. — P. 1431.
7. Soai K. // J. Synth. Org. Chem. Japan (Yuki Gosei Kagaku). — 1989. — Vol. 47, N 1. — P. 11.
8. Kametani T., Tsubuki M., Tatsuzaki Y., Honda T. // J. Chem. Soc. Perkin Trans. I. — 1990. — N 3. — P. 639.
9. Soai K., Niwa S., Kobayashi T. // J. Chem. Soc. Chem. Commun. — 1987. — N 11. — P. 801.
10. Cervinka O., Bělovský O., Korálová L. // Z. Chem. — 1969. — Vol. 9, N 12. — P. 448.
11. Takeshita M., Terada K., Akutsu N., Yoshida S. // Heterocycles. — 1987. — Vol. 26, N 12. — P. 3051.
12. Drueckhammer D. G., Barbas III C. F., Nozaki K., Wong C. H. // J. Org. Chem. — 1988. — Vol. 53, N 8. — P. 1607.
13. Kitano Y., Kusakabe M., Kobayashi Y., Sato F. // J. Org. Chem. — 1989. — Vol. 54, N 4. — P. 994.
14. Ziffer H., Kawai K., Kasai M., Imuta M., Froussios C. // J. Org. Chem. — 1983. — Vol. 48, N 16. — P. 3017.
15. Waldmann H. // Tetrah. Lett. — 1989. — Vol. 30. — N 23. — P. 3057.
16. Van Oeveren A., Menge W., Feringa B. L. // Tetrah. Lett. — 1989. — Vol. 30, N 46. — P. 6427.
17. Hayashi M., Kaneko T., Oguni N. // J. Chem. Soc. Perkin Trans. 1. — 1991. — N 1. — P. 25.
18. Rasor J. P., Rüchardt C. // Chem. Ber. — 1989. — Vol. 122, N 7. — P. 1375.
19. Bender M. L., Komiyama M. Cyclodextrin Chemistry. — Berlin: Springer Verlag, 1978.
20. Saenger W. // Angew. Chem. Int. Ed. Engl. — 1980. — Vol. 19, N 5. — P. 344.
21. Szejtli J. Cyclodextrin Technology. — Dordrecht/Boston/London: Kluwer Acad. Publ., 1988.
22. Tanaka Y., Sakuraba H., Nakanishi H. // J. Org. Chem. — 1990. — Vol. 55, N 2. — P. 564.
23. Goutoz H., Jackson W. R., Harrington K. J. // Austral. J. Chem. — 1986. — Vol. 39, N 7. — P. 1135.
24. Rao K. R., Sattur P. B. // J. Chem. Soc. Chem. Commun. — 1989. — N 6. — P. 342.
25. Hu Y., Harada A., Takahashi S. // Synth. Commun. — 1988. — Vol. 18, N 14. — P. 1607.
26. Banfi S., Colonna S., Juliá S. // Synth. Commun. — 1983. — Vol. 13, N 12. — P. 1049.
27. Colonna S., Banfi S., Papagni A. // Gazz. Chim. Ital. — 1985. — Vol. 115, N 2. — P. 81.
28. Baba N., Matsumura Y., Sugimoto T. // Tetrah. Lett. — 1978. — N 44. — P. 4281.
29. Fornasier R., Reniero E., Scrimin P., Tonellato V. // J. Org. Chem. — 1985. — Vol. 50, N 17. — P. 3209.
30. Kawajiri Y., Notohashi N. // J. Chem. Soc. Chem. Commun. — 1989. — N 18. — P. 1336.
31. Toda F., Shigemasa T. // Carbohydrate Res. — 1989. — Vol. 192. — P. 363.
32. Соколов В. И., Бондарева В. Л. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1987. — № 2. — С. 460.

33. Sakuraba H., Inomata N., Tanaka Y. // J. Org. Chem. — 1989. — Vol. 54, N 14. — P. 3482.
34. Sakuraba H., Tanaka Y., Toda F. // J. Incl. Phenom. — 1991. — Vol. 11. — P. 195.
35. Абеле Э., Гольдберг Ю., Понгелис Ю., Шиманская М. // ЖОрХ. — 1990. — Т. 26, № 8. — С. 1784.
36. Demarco P. V., Thakkar A. L. // J. Chem. Soc. Chem. Commun. — 1970. — N 1. — P. 2.
37. Kasai M., Froussions C., Ziffer H. // J. Org. Chem. — 1983. — Vol. 48, N 4. — P. 459.
38. Gotarelli G., Samori B. // Tetrah. Lett. — 1970. — N 24. — P. 2055.
39. Szejtli J., Liptak A., Jordal I., Fugedi P., Nanasi P., Neszmelyi A. // Starch/ Stärke. — 1980. — Vol. 32. — P. 165.
40. Гольдберг Ю. Ш., Рубина К. И., Абеле Э. М., Шиманская М. В. // III Междунар. семинар «Соединения включения» = «Inclusion Compounds»: Программа и тезисы. — Новосибирск, 1989. — С. 98.

Латвийский институт органического синтеза,
Рига LV-1006

Поступило в редакцию 06.10.93