

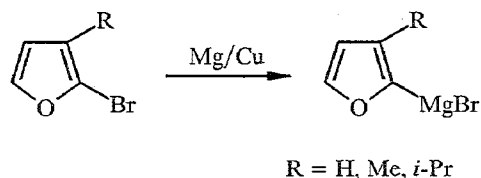
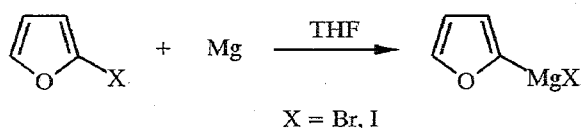
Э. Лукевиц, О. А. Пудова

ФУРАНОВЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТОВ II ГРУППЫ

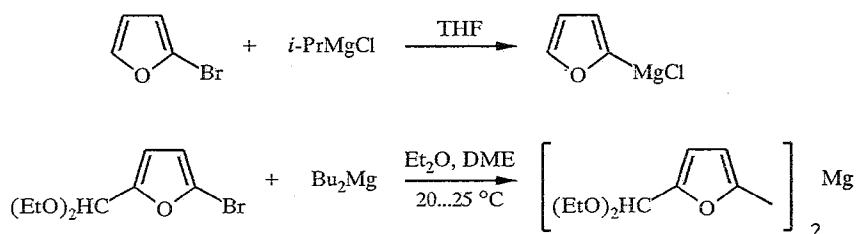
(Обзор)

1. МАГНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ

В отличие от литиевых производных, в которых металл непосредственно связан с фурановым кольцом [1], магниевые соединения такого типа значительно менее изучены. Атом галогена в 2-хлорфуране [2], 2-бромфуране [2], 2,4,5-триарил-3-бромфуранах [3], 2-диэтоксиметил-5-бромфуране [4] неактивен, эти соединения с магнием не реагируют. 2-Фурилмагнийбромид [2, 6—8] удалось получить при взаимодействии 2-бромфурана с медно-магниевым сплавом [2, 7, 8] и проведении реакции в ТГФ [6]. 2-Йодфуран обладает большей реакционной способностью и взаимодействует с магнием без активирования [9].

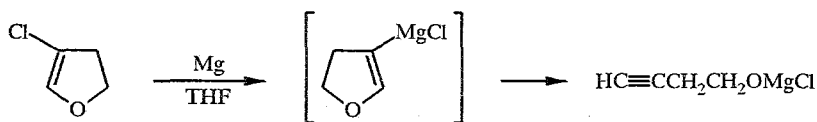


Для синтеза магнийорганических соединений использована реакция обмена между бромфуранами и алкилмагнийгалогенидами [4, 10]. Таким способом получены 2-фурилмагнийхлорид [10], а также фурилмагниевое соединение с ацетальной группой в кольце [4].

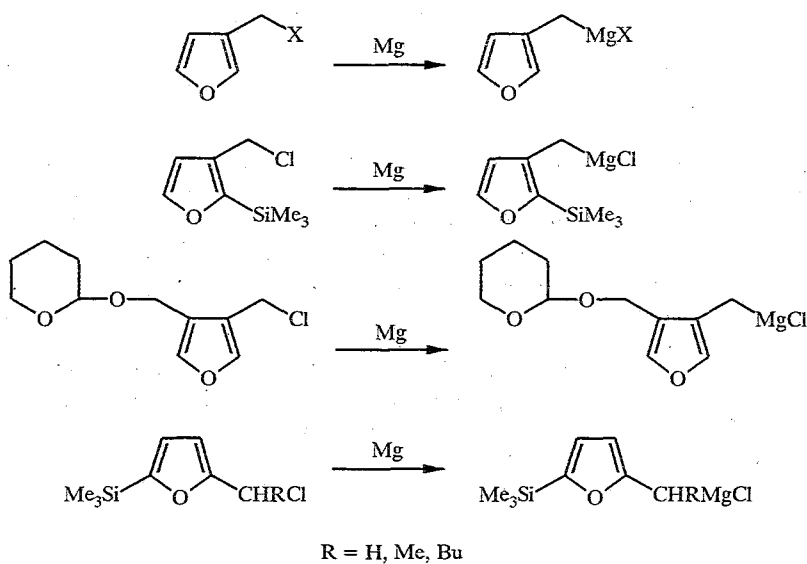


Выход магниевых производных фурана, полученных по этому методу, судя по продуктам дальнейших превращений, достаточно высок. Например, выход 5-карбоксифурфуrolа после обработки ди[5-(2-диэтоксиметил)фурил]магния углекислым газом и гидролиза составляет 73% [4].

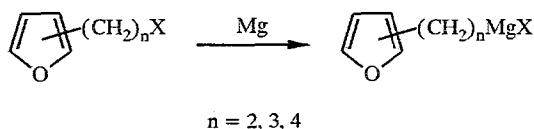
Получить реактив Гриньяра из 4-хлор-2,3-дигидрофурана не удалось из-за раскрытия кольца и образования ацетиленового производного [6].



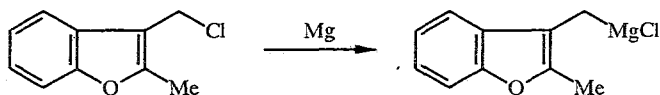
Более широко в синтезе, особенно при получении природных соединений, используются магнийорганические производные, в которых атом металла и фурановое кольцо разделены одной, двумя или тремя метиленовыми группами [11—33]. Не все соединения этого ряда получены. Если 3-фурилметилмагнийхлорид [11—17] и -магнийбромид [18—25] легко и с высоким выходом образуются из соответствующих галогенметильных производных при небольшом охлаждении (до 0 °С) в среде эфира и тетрагидрофурана, то получить реактив Гриньяра из фурфурилхлорида из-за его повышенной лабильности не удалось. Однако установлено [26], что введение в положение 5 фурфурилхлорида триметилсилильной группы оказывает стабилизирующий эффект, и синтез 5-триметилсилилфурфурилмагнийхлорида осуществлен традиционным образом в среде тетрагидрофурана [26].



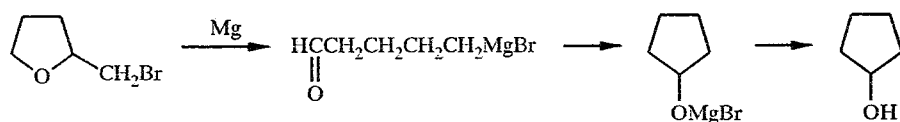
Аналогично, действием магния на галогеналкилфураны, получены 2- и 3-фурилэтил-, фурилпропил- и фурилбутилмагнийгалогениды [27—32].



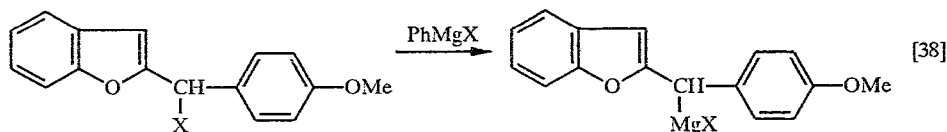
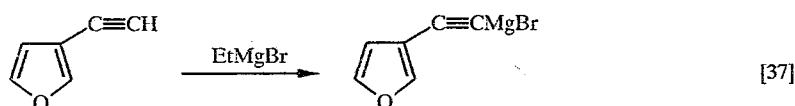
С выходом 80% реактив Гриньяра получен из 2-метил-3-хлорметилбензофурана [33].



Бромистый тетрагидрофурурил под действием магния в эфире претерпевает расщепление связи С—О гетероцикла [34] и лишь соединения тетрагидрофуранового ряда, в которых атом хлора отделен от кольца тремя и большим числом метиленовых групп, образуют реактив Гриньяра [35, 36].

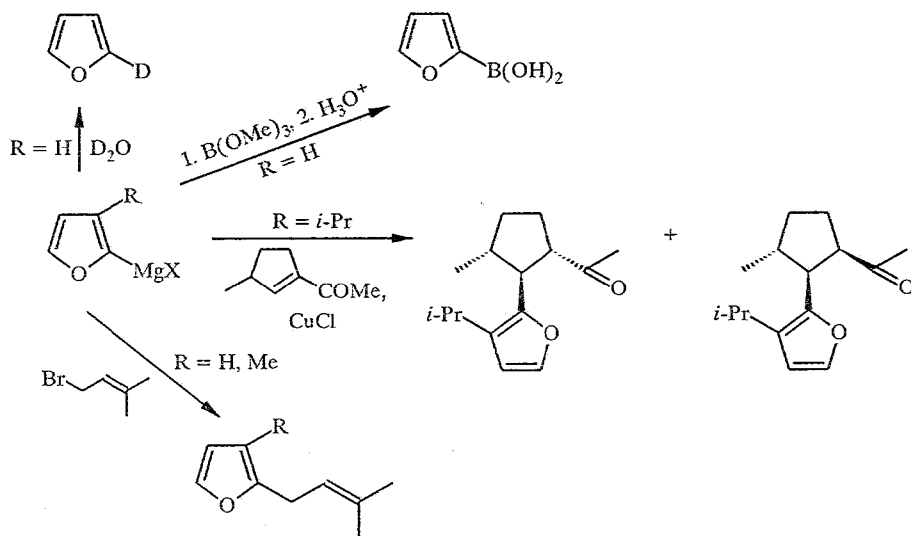


Некоторые магниорганические производные фурана, содержащие металлы в боковой цепи, были получены замещением подвижного атома водорода [37] или галогена на группу MgX при обработке алкил- и арилмагнийгалогенидами [38].



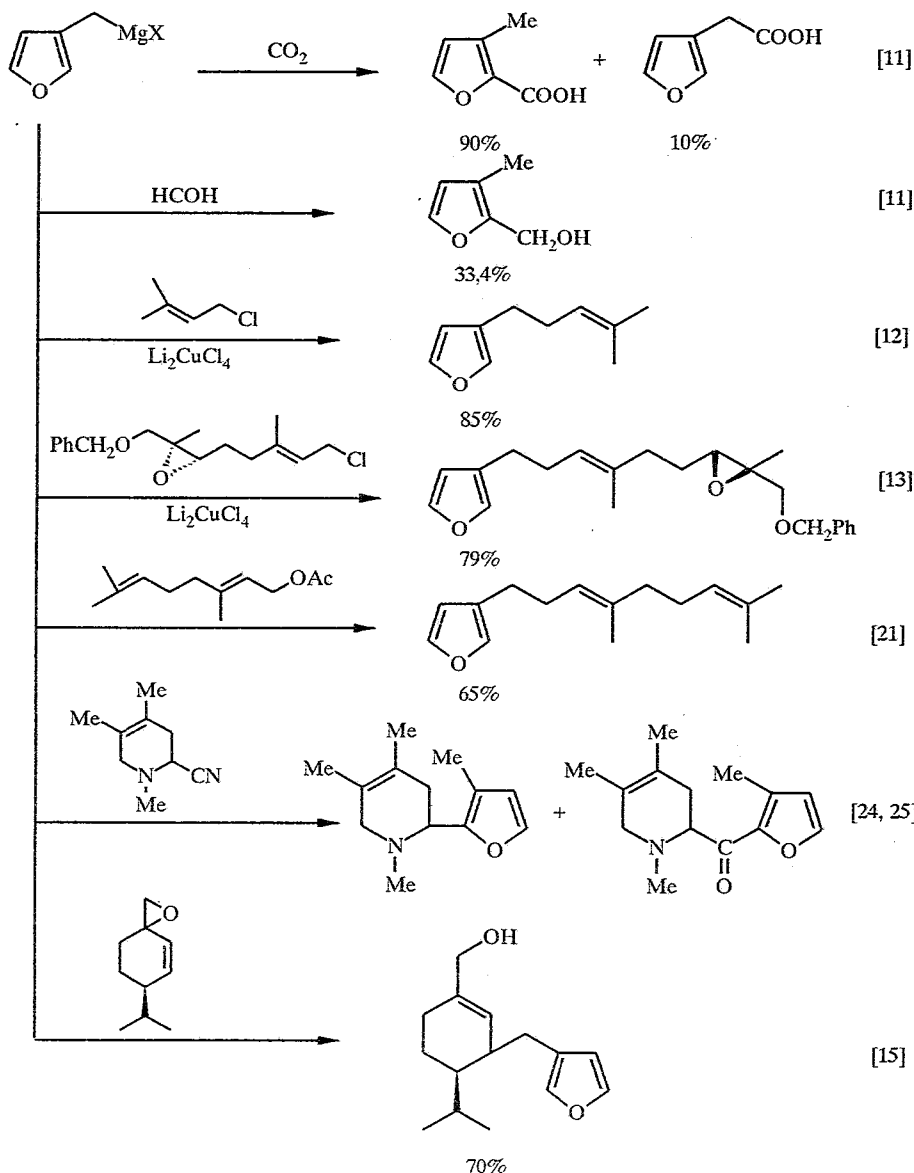
Кроме соединений со связью С—Mg взаимодействием различных функциональных производных фурана (альдегидов, кетонов, кислот, нитрилов и т. д.) с реактивами Гриньяра RMgX (R = алкил, винил, этинил, фенил) получены производные со связями О—Mg и N—Mg. Как правило, эти соединения являются лишь промежуточными продуктами в синтезе соединений фурана [39—49].

Изучены некоторые химические превращения 2-фурилмагнийгалогенидов: реакции с дейтерированной водой [10], алкенилбромидами [7], непредельными кетонами [8], триметилборатом [9]. 3-(2,5-Дифенил)фурилмагнийбромид реагирует с ангидридом бензойной кислоты с образованием 2,5-дифенил-3-бензоилфурана [50].

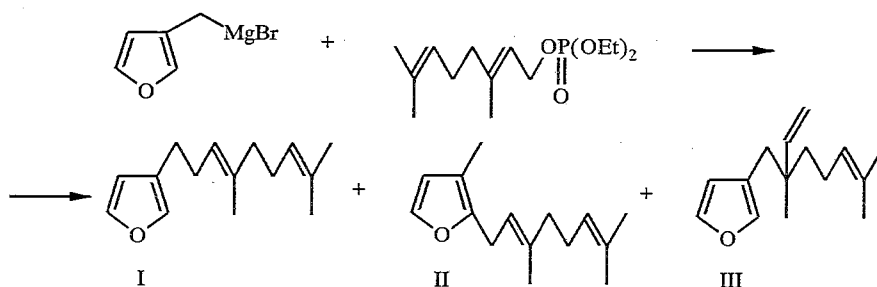


Ди(2-диэтоксиметил-5-фурил)магний оказался неактивным в реакциях с бензальдегидом и бензонитрилом, но он легко взаимодействует с  $\text{CO}_2$ , а под действием  $\text{FeCl}_3$  превращается в 5,5'-бисфурфуrol [4].

Из фурилалкилмагнийгалогенидов наиболее широко изучены свойства (3-фурилметил)магнийгалогенидов [11—26].

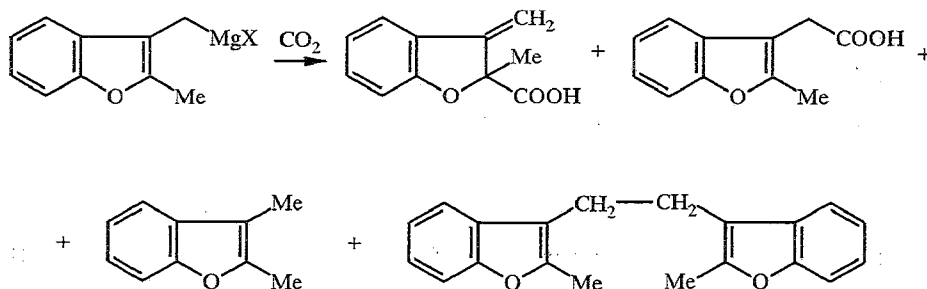


Нетрадиционно протекает реакция карбонилирования (3-фурилметил)магнийхлорида [11], и ожидаемая 3-фурилуксная кислота является лишь побочным продуктом, а 3-метил-2-фуранкарбоновая кислота образуется с выходом 90%. Аналогичные явления наблюдаются также при взаимодействии с формальдегидом [11], нитрилом [24, 25], а также в некаталитической реакции с геранилдиэтилфосфатом [22].

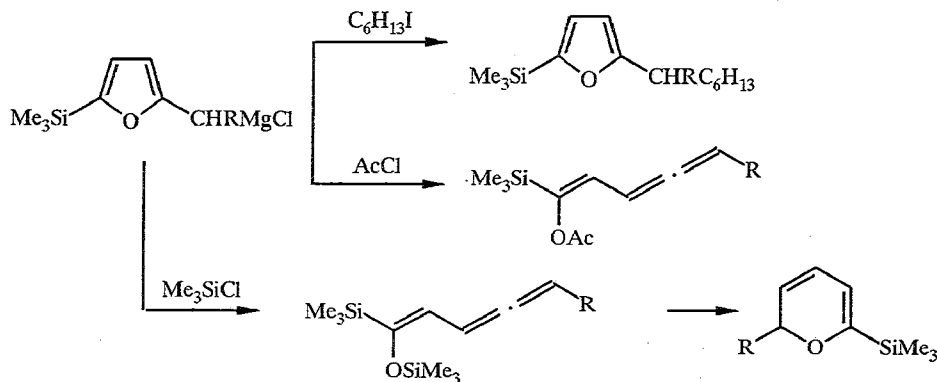


В присутствии йодида меди  $\text{CuI}$  с общим выходом 81% образуется смесь лишь двух продуктов I и III в соотношении 79 : 21. Без катализатора получена смесь всех трех продуктов, однако с преобладанием продукта II (I : II : III = 16 : 77 : 7).

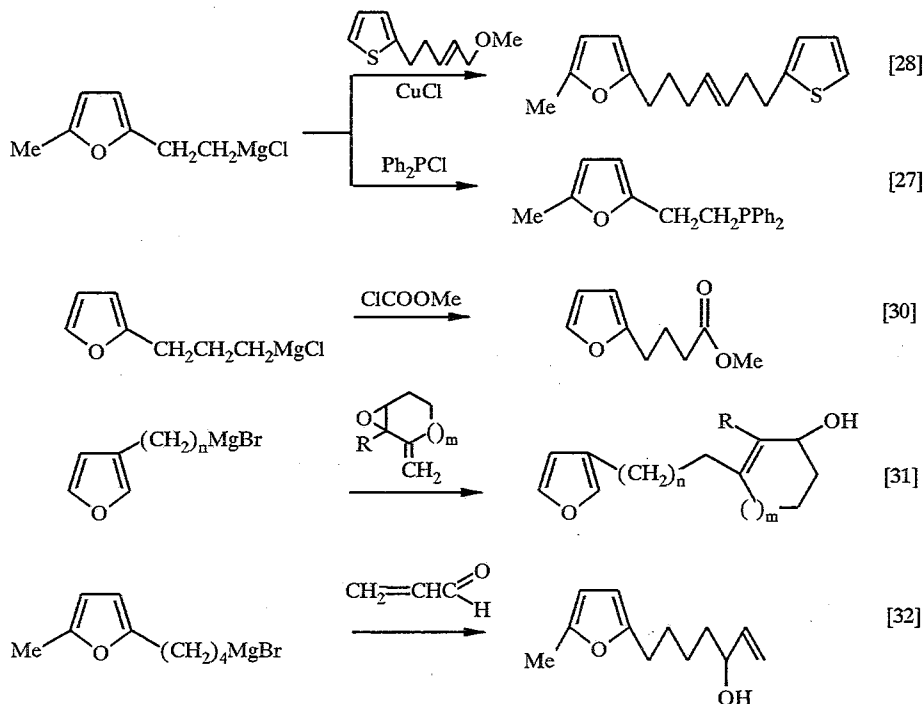
При карбонилировании бензофуранового производного с заместителем  $\text{CH}_2\text{MgCl}$  в положении 3 также образуются лишь следы 3-(2-метилбензофурил)уксусной кислоты [33], небольшое количество 2,3-диметилбензофурана и 1,2-[3-(2-метилбензофурил)]этана, а основным продуктом является 2-метил-3-метилен-2,3-дигидро-2-бензофуранкарбоновая кислота.



Реактивы Гриньяра, полученные из 5-триметилсилилфурфурилхлорида и его производных, в реакциях с некоторыми электрофилами также проявляют аномальные свойства. Если алкилгалогениды в присутствии  $\text{Li}_2\text{CuCl}_4$  взаимодействуют по фурфурильному фрагменту, то под действием ацилхлоридов и триметилхлорсилана наблюдается раскрытие фуранового цикла [26].



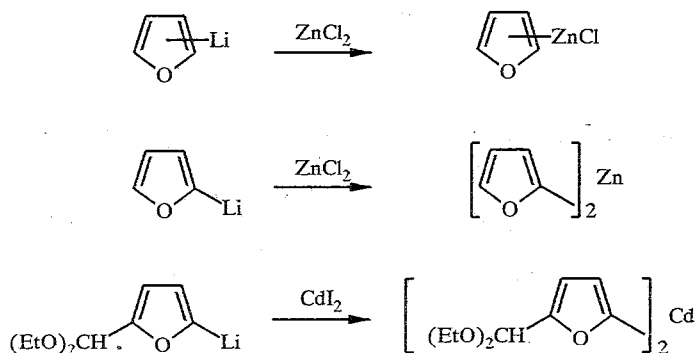
Проведены некоторые химические превращения фурфилэтил-, фурфилпропил- и фурфилбутилмагнийгалогенидов [27—32].



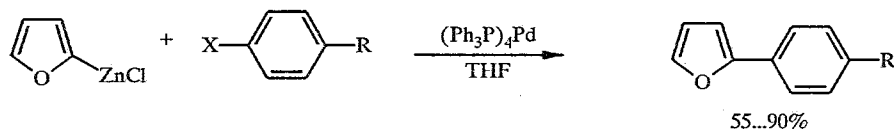
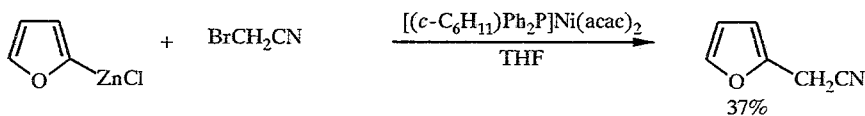
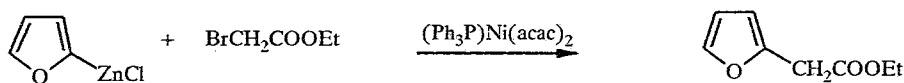
## 2. ЦИНК- И КАДМИЙОРГАНИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ

Среди фурановых производных элементов II группы боковой подгруппы менее изучены соединения цинка [51—60] и кадмия [61], зато ртутные соединения, благодаря многообразию и простоте получения, достаточной стабильности, в том числе в водных растворах, широко используются в синтезе.

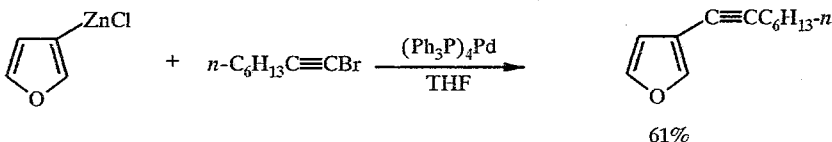
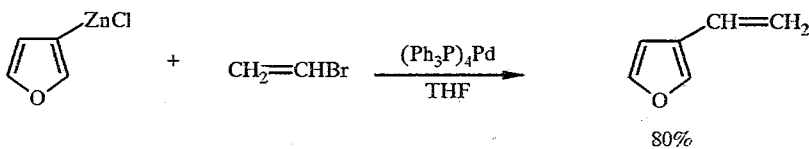
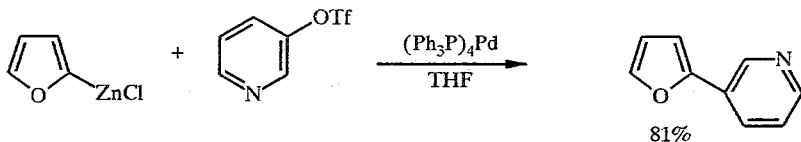
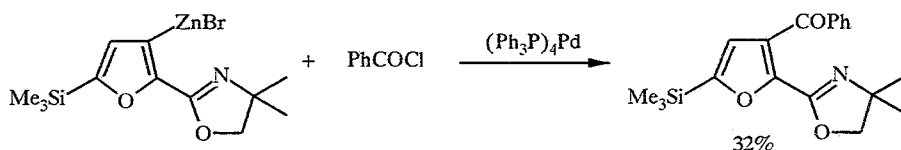
Единственным методом получения фурановых производных цинка [51—58] и кадмия [59] со связью С<sub>фуран</sub>—металл является реакция литиевых производных фурана с галогенидами цинка и йодидом кадмия. Как правило, взаимодействие протекает при комнатной температуре или охлаждении до -20 °С в среде ТГФ или смеси ТГФ и гексана.



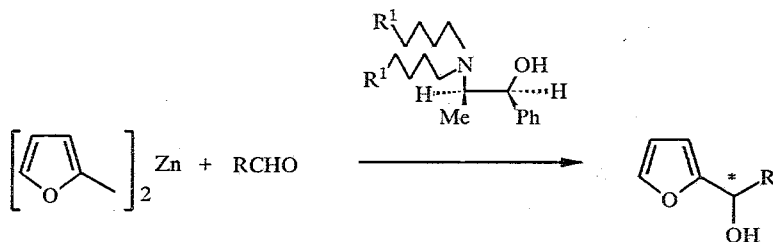
2- и 3-Фурильные производные цинка при комнатной температуре или нагревании до 50 °С реагируют с различными галогенпроизводными [51—57, 59, 60] и трифлатами [58] в присутствии никелевых и палладиевых катализаторов [(Ph<sub>3</sub>P)Ni(acac)<sub>2</sub>, (Ph<sub>3</sub>P)<sub>4</sub>Pd, (AcO)<sub>2</sub>Pd], образуя продукты кросс-сочетания. Этот метод использован для синтеза этилового эфира 2-фурилуксусной кислоты [54], 2-фурилацетонитрила [57], фурилбензолов [51, 52, 56, 59, 60], полигетероциклических систем [55], винил- и этинилфуранов [52, 59].



X = Br, I, OTf; R = H, NO<sub>2</sub>, CN, COOH, COOBu, CONEt<sub>2</sub>, COPh



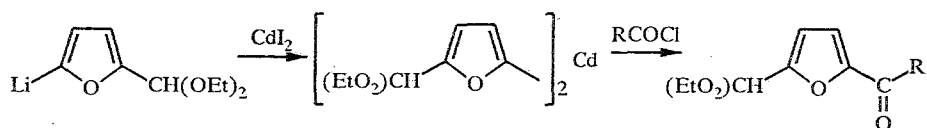
С помощью ди(2-фурил)цинка [53] впервые осуществлено энантиоселективное фурирование альдегидов. Оптически активные производные фурфурилового спирта синтезированы с высокой энантиомерной чистотой (до 73%) путем энантиоселективного присоединения дифурилцинка к альдегидам в присутствии хиральных катализаторов: (1*R*,2*S*)-*N,N*-дибутилнорэфедрина и (1*R*,2*S*)-*N,N*-ди(4-фенилбутил)норэфедрина.



R = Ph, *p*-MeOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, 2-C<sub>10</sub>H<sub>7</sub>, *trans*-PhCH=CH

В результате многочисленных экспериментов было установлено [53], что галогениды лития (LiF, LiCl, LiBr) повышают стереоспецифичность данной реакции. Так, при присоединении дифурилцинка к бензальдегиду в присутствии *N,N*-дибутилнорэфедрина и галогенидов лития оптический выход (*S*)-(2-фурил)фенилметанола достигает 53...56%, а без добавления литиевых солей уменьшается до 11%. При сравнении селективности двух используемых катализаторов предпочтение можно отдать (1*S*,2*R*)-*N,N*-ди(4-фенилбутил)норэфедрину.

Соединение кадмия с фурильной группой получено, как отмечалось выше, исходя из литиевого производного и легко ацилируется хлорангидридами кислот [61].



### 3. РТУТЬОРГАНИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ФУРАНА

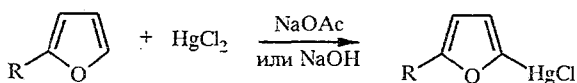
#### 3.1. Синтез

Для получения ртутьорганических соединений фурана используются три основных метода: прямое меркурирование фурана и его производных, декарбосилирование ртутных солей фуранкарбоновых кислот, а также циклизация непредельных спиртов и гликолей в присутствии солей ртути.

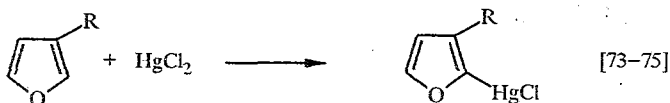
При действии солей ртути  $HgX_2$  ( $X = Cl, AcO, C(NO_2)_3, OCN$ ) на фуран [62—65] и его 2- и 3-монозамещенные производные [66—74] получены различные фураны с атомом ртути в  $\alpha$ -положении кольца.



$X = Cl, OAc$  [62];  $C(NO_2)_3$  [63, 64];  $OCN$  [65]



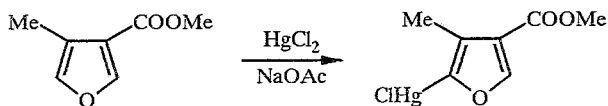
$R = Alk$  [66, 71, 72];  $CH_2OH$  [67, 68];  $CH_2OAc$  [69];  $Cl$  [70]



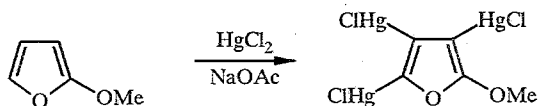
$R = Me, i-Pr$

Монортутные хлориды и ацетаты фурана и его производных получены с выходом 35...70% в реакции эквимольных количеств сулемы или ацетата ртути и фуранового соединения в присутствии ацетата натрия в воде или водно-спиртовых средах. В случае фурана образуется также продукт 2,5-димеркурирования. Ртутная соль тринитрометана [63, 64] меркурирует фуран с 25% выходом, а цианат ртути замещает атом водорода в фуране и сильване под действием ацетата натрия [65]. 3-Метил-4-метоксикарбонил-фуран меркурируется сулемой в положение 2 фуранового кольца [76].

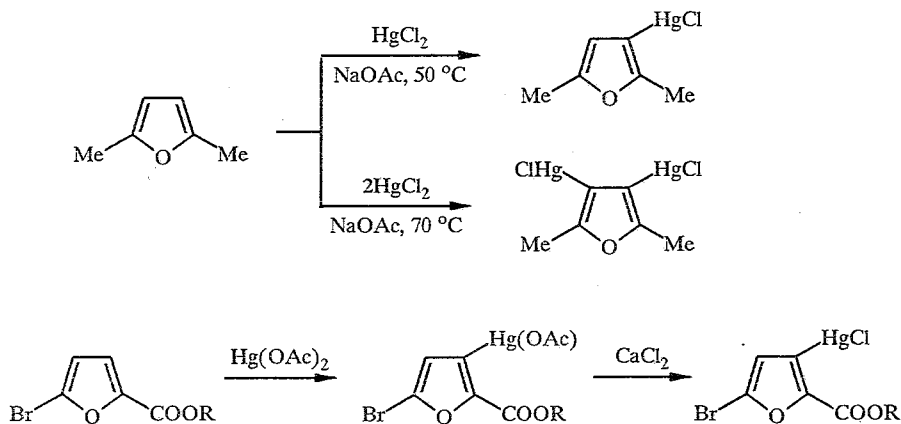




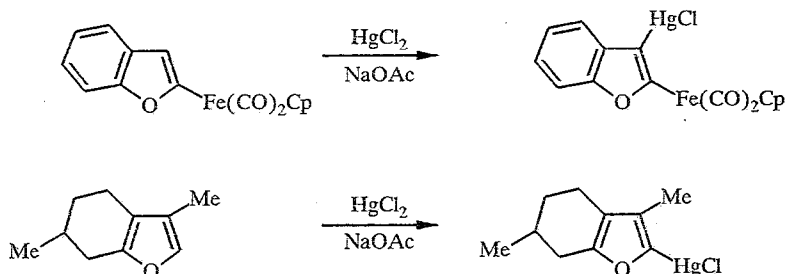
В целом  $\alpha$ -положение фуранового кольца меркурируется легче, чем  $\beta$ -положение, однако при действии избытка меркурирующего агента [77] или при проведении реакции с 2,5-дизамещенными фуранами [78, 79] удается достаточно легко промеркурировать и  $\beta$ -положение. Действием избытка сулемы на 2-метоксифуран [77] удастся ввести ртутные заместители во все три свободные положения фуранового кольца.



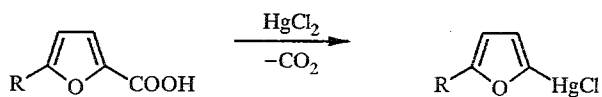
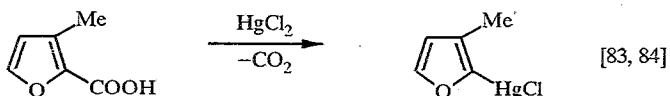
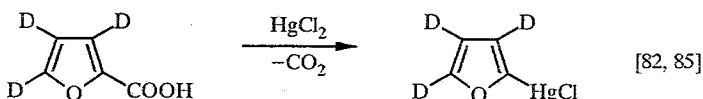
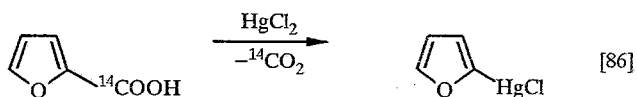
2,5-Диметилфуран в зависимости от соотношения реагентов меркурируется сулемой в моно- и дитутное производное [78], а эфиры 5-бром-2-фуранкарбоновой кислоты [79] при обработке ацетатом ртути превращены в соответствующие 3-ртутьзамещенные соединения.



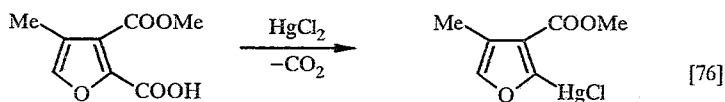
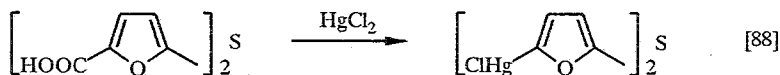
$\sigma$ -Бензофурильный комплекс циклопентадиенилдикарбонилжелеза взаимодействует с сулемой по С—Н связи положения 3 гетероциклической системы [80], а 4,5,6,7-тетрагидро-3,6-диметилбензофуран — по свободному положению 2 [81] цикла.



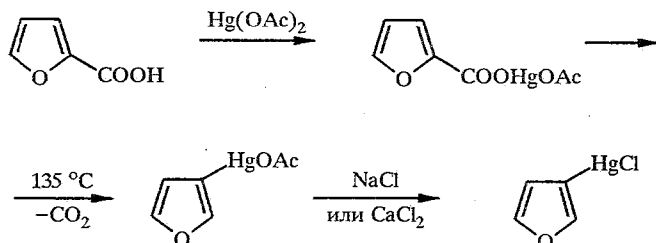
Второй метод синтеза ртутьорганических соединений заключается в декарбосилировании ртутных солей, полученных при взаимодействии фурановых кислот с сулемой [62, 72, 82—88] в щелочных условиях. Обычно фуранкарбовую кислоту обрабатывают водным раствором щелочи, а затем ртутной соли и нагревают до полного выделения углекислого газа. При исследовании этой реакции установлено, что замещение карбоксильной группы на ртутную происходит значительно легче, чем прямое замещение атома водорода.



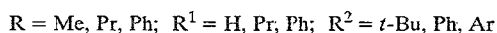
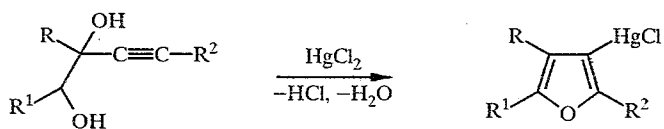
R = CH<sub>2</sub>OH [87]; R = Br [82]



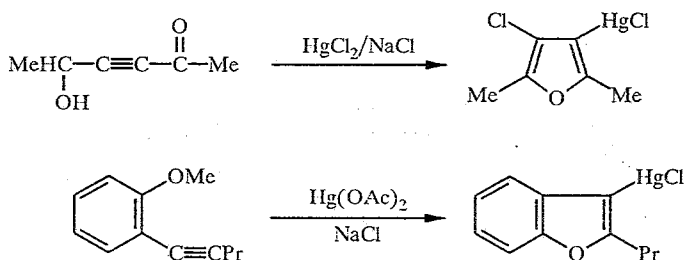
При обработке 2-фуранкарбовой кислоты ацетатом ртути первоначально образуется смешанная ртутная соль, которая при нагревании до 135 °C претерпевает перегруппировку в 3-фурилртугьяцетат [62, 89, 90].



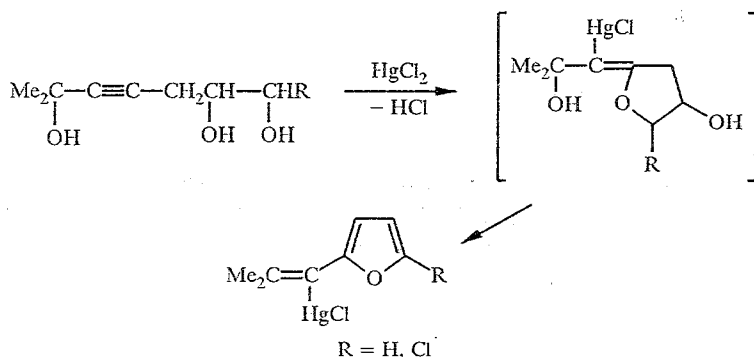
Для синтеза ртутьорганических соединений с металлом в положении 3 фуранового кольца очень часто используется реакция циклизации [91—96] различных производных бут-3-инди-1,2-ола с сулемой при комнатной температуре или небольшом нагревании. Выход продуктов составляет 40...50%.



2-Оксигекс-3-ин-5-он при 0 °С в темноте под действием сулемы превращается в 2,5-диметил-3-хлормеркуриофуран [97], а 1-(2-метоксифенил)-пент-1-ин [98] в присутствии ацетата ртути с последующей обработкой хлористым натрием в 2-пропил-3-хлормеркуриобензофуран. Первоначально во всех случаях происходит присоединение ртутной соли по тройной С ≡ С связи, а последующая стадия включает циклизацию полученных соединений.

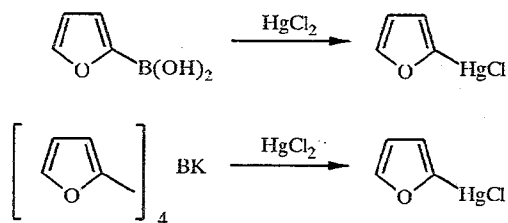


Внутримолекулярной циклизацией ацетиленовых гликолей с высоким выходом (97...98%) синтезированы фурановые производные, в которых атом ртути не связан непосредственно с гетероциклом [99].



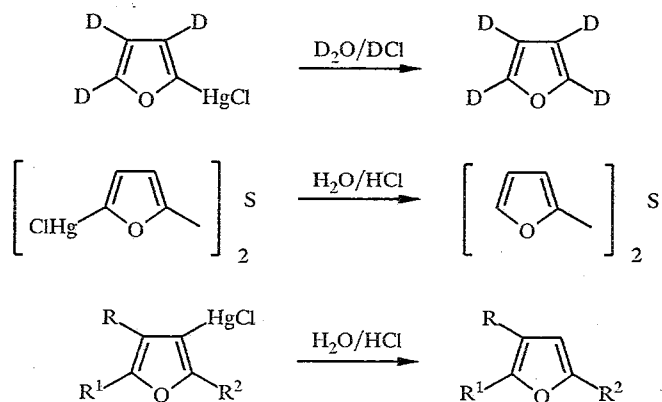
Метод циклизации непредельных спиртов использовался не только для синтеза фурановых, но и ртутных производных 2,5-дигидрофурана [100—107], тетрагидрофурана [108—120], а также 2,3-дигидробензофурана [120—122].

Ртутьорганические соединения образуются при расщеплении связи С—В в 2-фурилбороновой кислоте [9] и тетра(2-фурил)боркалии [123] сулемой, однако этот метод непрепаративен и использовался лишь для доказательства строения исходных борфуранов.

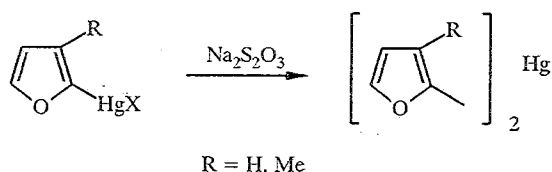


### 3.2. Химические свойства

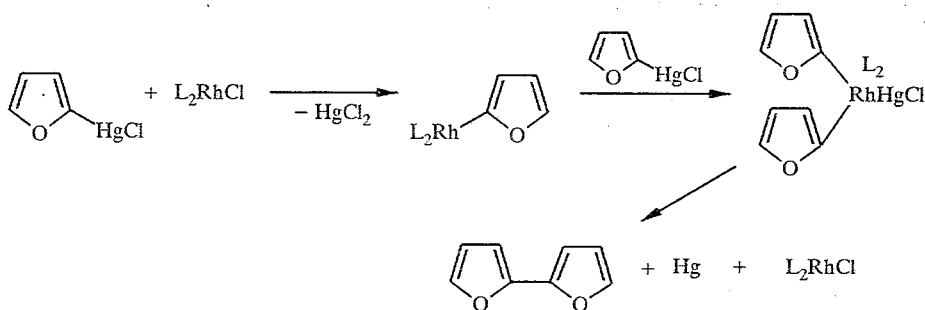
По сравнению с литий- и магнийорганическими соединениями ртутьорганические производные менее реакционноспособны, они устойчивы к действию воды и спиртов, поэтому многие реакции проводятся в водно-спиртовых средах. Гидролиз С—Hg связи удается провести лишь в сильноокислых средах [82, 85, 88, 91—96, 124, 125].



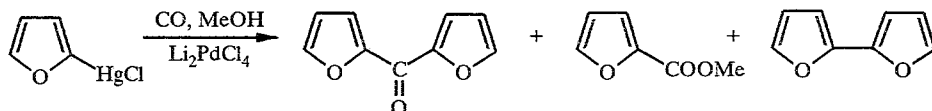
Фурилртутьхлориды можно легко превратить в симметричные производные дифурилртути, а наиболее удобным агентом для этой реакции является водный раствор тиосульфата натрия [62, 83, 84, 126], выход симметричных продуктов составляет 60%.



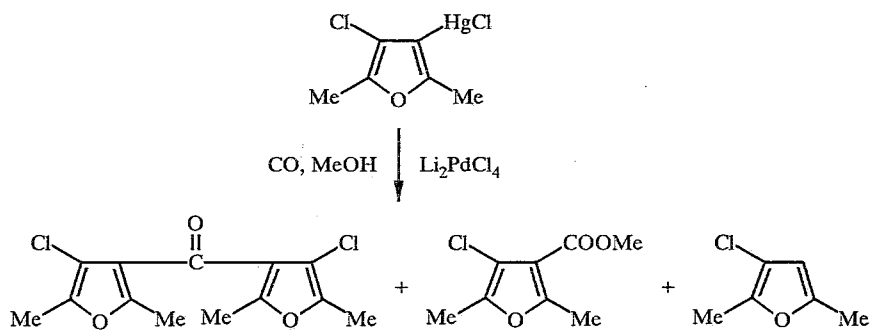
При действии родиевого катализатора  $[\text{ClRh}(\text{CO})_2]_2$  [127] на 2-фурилртутьхлорид в среде гексаметилфосфортриама с выходом 70% образуется 2,2'-бифурил. По мнению авторов, роль катализатора можно отразить следующей схемой:



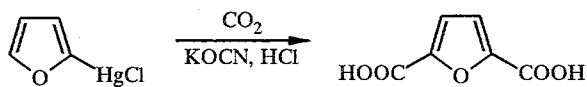
Каталитическое карбонилирование 2-фурилртуутьхлорида проведено в автоклаве при температуре 100 °С и давлении окиси углерода 50 атм. В качестве катализатора использовалась соль  $\text{Li}_2\text{PdCl}_4$ . Основными продуктами реакции в этих условиях являются дифурилкетон и метиловый эфир 2-фуранкарбоновой кислоты, в небольшом количестве образуется также 2,2'-бифурил [128].



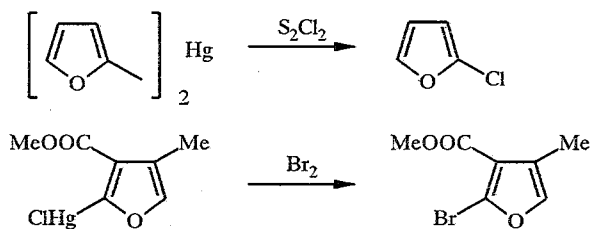
Аналогично протекает и карбонилирование 4-(2,5-диметил-3-хлорфурил)ртуутьхлорида [97]. Различие заключается лишь в том, что вместо бифурильного соединения образуется продукт демеркурирования.

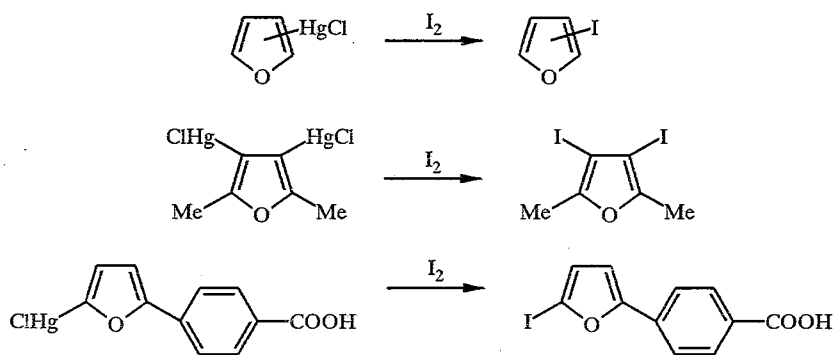


Реакция двуокиси углерода с 2-фурилртуутьхлоридом при температуре 200...350°С и давлении 5...200 атм в присутствии  $\text{KOCN}$  с последующим подкислением соляной кислотой приводит к 2,5-дикарбоновой кислоте фурана [129].

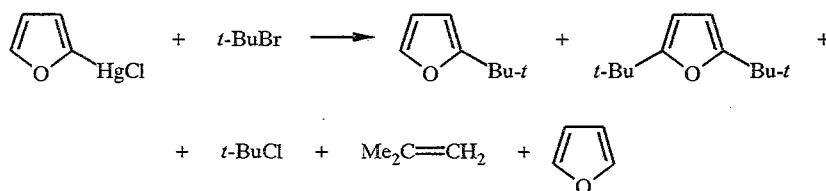


2-Хлорфуран можно получить с выходом 60% из ди(2-фурил)ртуути действием свежеперегнанного дихлорида дисеры  $\text{S}_2\text{Cl}_2$  [126] в сероуглероде, а бром- [76] и йодфураны [62, 78, 98, 130] — при обработке фурилртуутьхлоридов бромом и йодом соответственно.

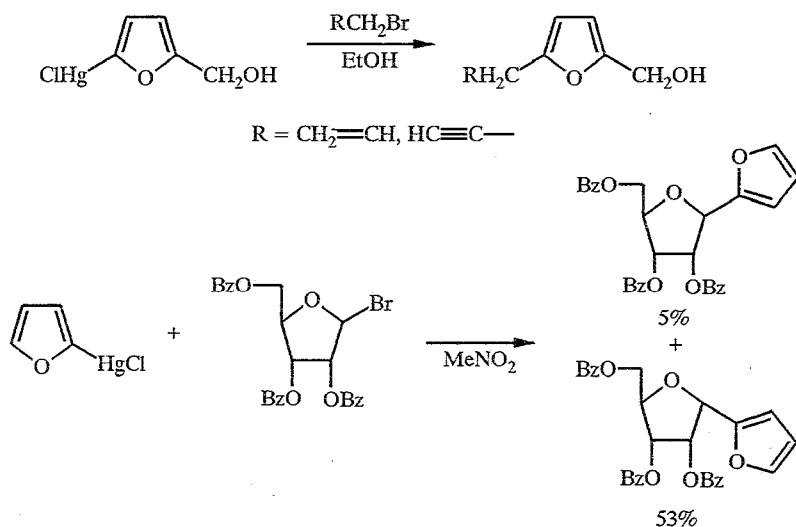




Наиболее широко в синтезе фурановых соединений используется взаимодействие ртутьзамещенных фуранов с бромалканами [66—68, 131—136], а также с йодалканами и йодарилами [137—140]. При многочасовом кипячении 2-фурилртутихлорида с *трет*-бутилбромидом в этаноле кроме замещения ртутной HgCl группы наблюдается алкилирование положения 5 кольца фурана и образование ди(*трет*-бутил)фурана [66, 132]. Однако недавние исследования этой реакции методом УФ фотоэлектронной спектроскопии [131] показали, что реакция протекает более сложно с образованием смеси 2-*трет*-бутилфурана, 2,5-ди(*трет*-бутил)фурана, *трет*-бутилхлорида, изобутилена и фурана.

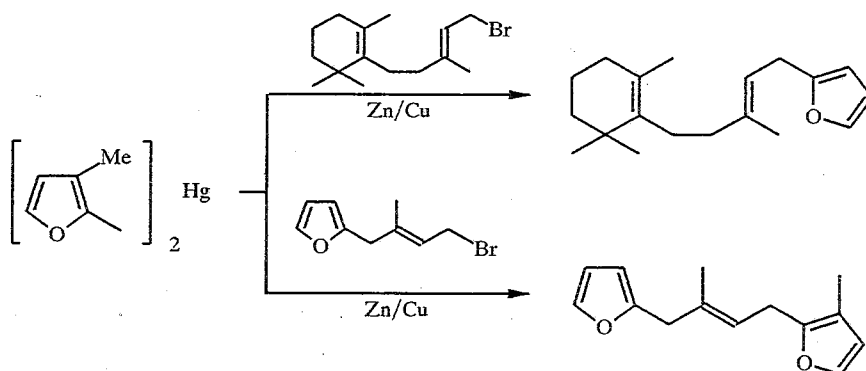


Ряд бромпроизводных реагирует с несимметричными ртутными соединениями без катализатора при нагревании в хлороформе [67, 68].

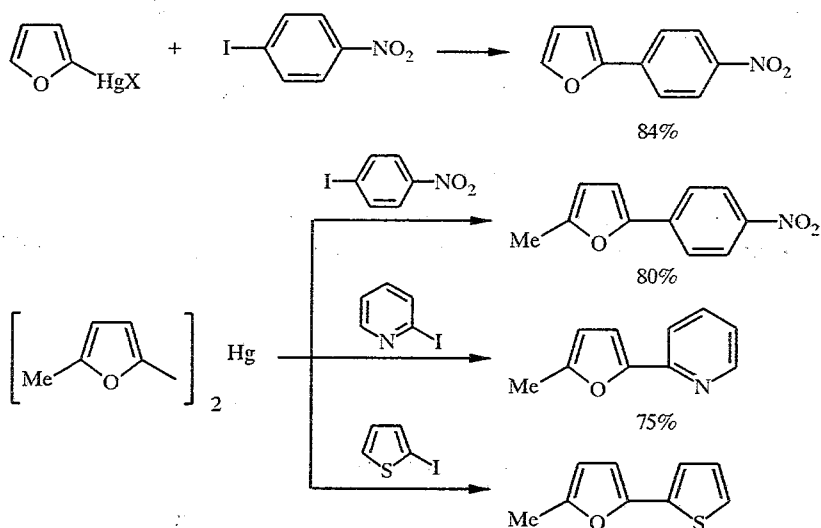


2,3,5-Три-О-бензоил-*D*-рибофуранозилбромид в среде нитрометана при комнатной температуре с 2-фурилртуутьхлоридом с общим выходом 58% образует смесь аномеров [133].

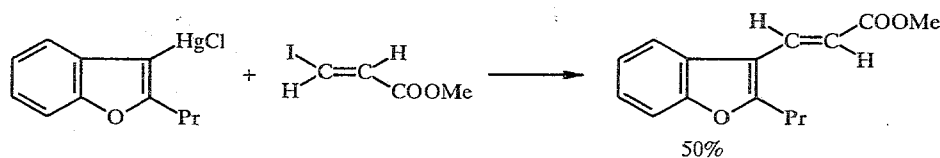
Для симметричных ртутных соединений в реакциях с бромалканами необходим катализатор — цинкомедная пыль [134—136].



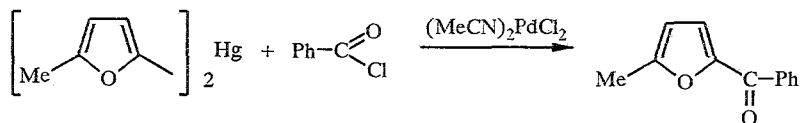
Йодарилы [137—139] и йодалкены [140] с симметричными и несимметричными ртутными производными фурана реагируют лишь в присутствии палладиевых [137—139] и родиевых [140] катализаторов. Арирование фуранового цикла реакцией сочетания является удобным методом получения арилфуранов. Реакция протекает под действием  $(\text{Ph}_3\text{P})_2\text{PdIPh}$ ,  $(\text{Ph}_3\text{P})_2\text{PdCl}_2$ ,  $(\text{MeCN})_2\text{PdCl}_2$ ,  $\text{PdCl}_2$  и ионов йода ( $\text{Bu}_4\text{NI}$  в ГМФА и  $\text{NaI}$  в ацетоне) при комнатной температуре с высоким выходом.



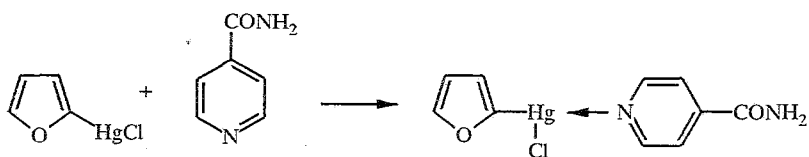
Родиевый катализатор  $(\text{Ph}_3\text{P})_3\text{RhCl}$  в присутствии хлористого лития в гексаметилфосфортриамиде катализирует алкенирование ртутного производного бензофурана [140].



Фурилртутьхлориды в реакциях с хлорангидами кислот неактивны. Например, 2-фурильное производное ртути не реагирует с бензоил- и фурилхлоридами и лишь с ацетилхлоридом образует метил(2-фурил)кетон с выходом 21% [62]. С помощью палладиевого катализатора  $(\text{MeCN})_2\text{PdCl}_2$  удалось провести сочетание ди(5-метил-2-фурил)ртути с бензоилхлоридом и с выходом 92% получить фенил(5-метил-2-фурил)кетон [141, 142].

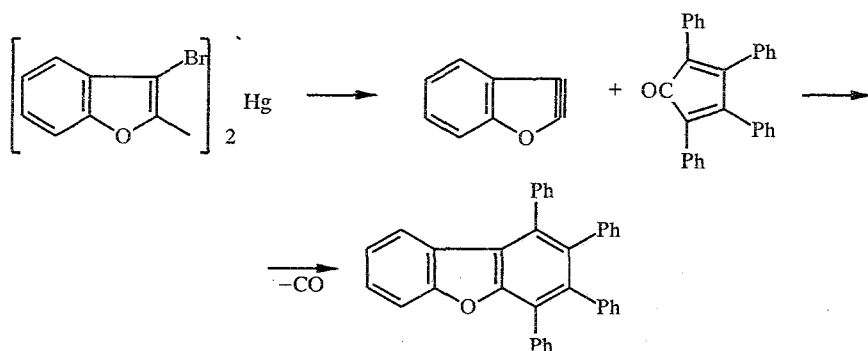


Исследовано комплексообразование 2-фурилртутьхлорида с изоникотин-амидом. Реакция протекает в среде тетрагидрофурана при комнатной температуре за 2 ч [143].

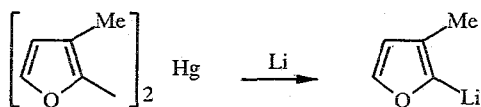


Ди(2-фурил)ртуть образует комплексы состава  $(2\text{-фурил})_2\text{Hg} \cdot \text{L}$  с 1,10-фенантролином, 2,9-диметил-1,10-фенантролином и 3,4,7,8-тетраметил-1,10-фенантролином в этаноле [144].

В работе [145] отмечается возможность образования из ртутного производного нестабильного промежуточного продукта — 2,3-дегидробензофурана, который вступает в реакцию диенового синтеза с 1,2,3,4-тетрафенилциклопентади-1,3-ен-5-оном.

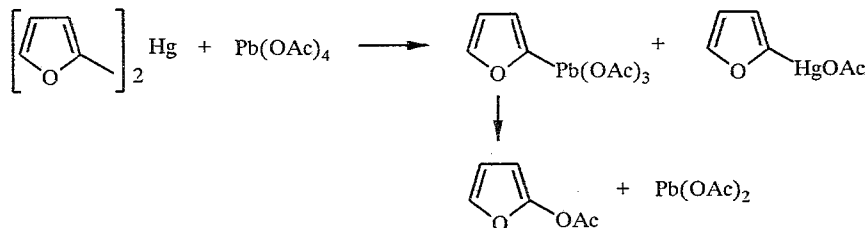


Изучались возможности использования ртуторганических производных фурана для получения металлоорганических соединений. С суспензией лития в эфире при  $-20^\circ\text{C}$  ди(2-(3-метил)фурил)ртуть дает соответствующее литиевое производное [83, 84].

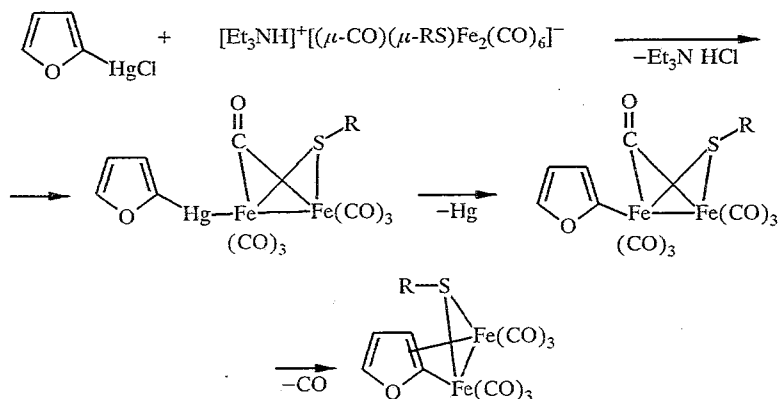




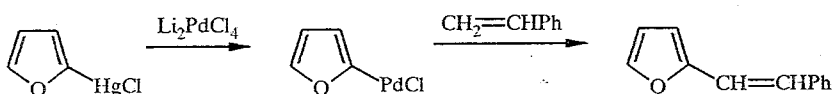
2-Фурилртутьхлорид не реагирует с тетрахлорсиланом, триэтилхлорсиланом [146] и трифенилхлорстаннаном [147], а при взаимодействии с триэтилсиланом происходит восстановление фурилртутьхлорида и выделение ртути [146]. Тетраацетат свинца с ди(2-фурил)ртутью образует неустойчивое фурильное производное свинца, которое быстро разлагается с образованием 2-ацетоксифурана [148].



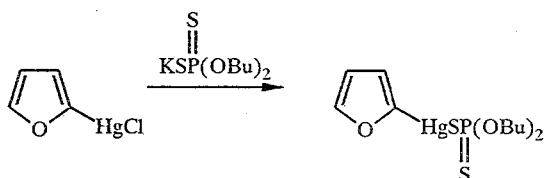
Фурановые производные ртути использовались для получения соединений железа [149] и палладия [150]. Ди(2-фурил)ртуть и 2-фурилртутьхлорид реагируют с комплексами железа  $[\text{Et}_3\text{NH}]^+[(\mu\text{-CO})(\mu\text{-RS})\text{Fe}_2(\text{CO})_6]^-$  с образованием биядерного комплекса, в котором, по данным рентгеноструктурного анализа, один атом железа  $\sigma$ -связан с атомом углерода фуранового кольца в положении 2, а второй  $\pi$ -связан с двойной  $\text{C}=\text{C}$  связью [149]. Предполагаемый механизм реакции представлен на схеме:



2-Фурилпалладийхлорид [150], полученный *in situ* из 2-фурилртутьхлорида и тетрахлорплатината лития, далее реагирует с олефинами с образованием фурилалкенов и 2,2'-бифурила в качестве примеси.



В фурилртутьацетатах ацетатная группа может быть легко и количественно замещена на хлор действием избытка хлористого натрия или калия [62, 89, 98, 114], а хлор в 2-фурилртутьхлориде замещается дибутилдитиофосфатной группой [151] при обработке дибутилдитиофосфатом калия.



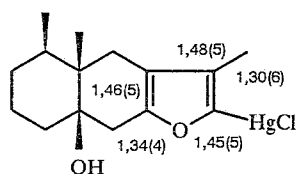
### 3.3. Физико-химические свойства

Физико-химические исследования фурановых производных ртути немногочисленны и касаются следующих вопросов: полярографическое восстановление симметричных ртутьорганических соединений  $R_2Hg$  ряда  $\alpha$ - и  $\beta$ -замещенных фуранов [152], УФ фотоэлектронная спектроскопия соединений типа  $R_2Hg$  и  $RHgX$  [153], сравнение экспериментальных и расчетных частот ИК спектров 2- и 3-фурилртутихлоридов [154], ЯМР спектроскопия ртутных соединений фурана [155—158], а также рентгеноструктурный анализ фурилпроизводного ртути [159].

Полярографическое восстановление связи  $C-Hg$  в безводном диметилформамиде для всех 2-фурилпроизводных происходит легче, чем для аналогичных 3-замещенных, что следует из более низких значений потенциала полуволны ( $E_{1/2}$ ) соединений первого типа [152]. По данным фотоэлектронной спектроскопии [153], наблюдается слабое взаимодействие между  $\pi$ -орбиталями кольца и вакантными  $brl$ -орбиталями ртути для ди(2-фурил)ртути, однако это взаимодействие несколько больше, чем для ди(3-фурил)ртути, группа  $HgCl$  обладает по отношению к кольцу слабым электроноакцепторным эффектом.

Изучены  $^1H$  ( $\delta$ , м.д.: H(2) — 6,66; H(3) — 6,75; H(4) — 8,01) [155] и  $^{13}C$  (C(2) — 189,5; C(3) — 121,2; C(4) — 109,0; C(5) — 146,7) [156] спектры ЯМР ди(2-фурил)ртути. Межпротонные КССВ для этого соединения [155] и 3-фурилртутихлорида [158] мало отличаются от фурановых, а между КССВ  $^{119}Hg-^1H$  и  $^1H-^1H$  [155, 157] наблюдается линейная корреляция, свидетельствующая о том, что основным в передаче спинового взаимодействия является Ферми-контактный вклад [157].

Для установления строения одного из токсических соединений, выделенных из *Tetradymia glabrata*, проведен рентгеноструктурный анализ его ртутного производного [159].



Фурановый цикл практически планарен, среднее отклонение пяти атомов кольца составляет 0,03 Å, а максимальное (0,05 Å) наблюдается для атома углерода C(2), связанного с атомом ртути. Фрагмент  $C-Hg-Cl$  в молекуле почти линеен (валентный угол  $\angle CHgCl = 174^\circ$ ), а длина связей  $Hg-C$  и  $Hg-Cl$  соответственно равна 2,03(2) и 2,30(1) Å.

### 3.4. Биологическое действие

Исследовано фунгицидное действие 5-хлормеркуриофульфурола *in vitro* на следующие виды грибов: *Trichophyton purpureum*, *T. interdigitale*, *T. asteroides*, *Candida albicans*. Минимальная ингибирующая рост грибов

концентрация соединения соответственно 6,25, 12,5, 6,25 и 25,0 мкг/мл [160]. 5-Хлормеркуриофурфурол и 5-хлормеркуриофурфуриловый спирт действуют *in vitro* на аскариды свиней [161].

Высокой фунгистатической активностью обладает ди(2-фурилэтинил)ртуть. Так, минимальная концентрация ингибирования *T. asteroides*, *Piricularia oryzae* и *C. albicans* составляет 0,2...0,8 мкг/мл; достаточно высока и бактериостатическая активность этого соединения по отношению к грамотрицательным (*Escherichia coli* — 1,6 мкг/мл) и грамположительным (*Bacillus subtilis* — 1,6 мкг/мл) бактериям. Несимметричный 2-фурилэтинилртуутьхлорид проявляет значительно меньший фунгистатический (50 мкг/мл) эффект [162]. В то же время антимикробная активность против фитофтороза картофеля и мучнистой росы ячменя у 2-фурилэтинилртуутьхлорида *in vitro* и *in vivo* больше, чем у симметричного ртуутного производного [163].

Ди(2-фурилэтинил)ртуть подавляет прорастание спор патогенных микроорганизмов *Cochlibolus miyabeanus* [164], однако эффект фурильного производного несколько ниже, чем бензильного и фенильного аналогов.

Исследована фитотоксичность рассматриваемых этинильных производных ртути по отношению к рису, ржи, огурцам, редису, персикам, грушам, винограду. Огурцы оказались устойчивыми к их действию, а персики, груши и редис весьма чувствительными [165]. Фитотоксичность 2-фурилэтинилртуутьхлорида выше, чем ди(2-фурилэтинил)ртути.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукевич Э., Пудова О. А. // ХГС. — 1995. — № 4. — С. 435.
2. Shepard A. F., Winslow N. R., Johnson J. R. // J. Amer. Chem. Soc. — 1930. — Vol. 52. — P. 2083.
3. Allen C. F. H., Rosener H. B. // J. Amer. Chem. Soc. — 1927. — Vol. 49. — P. 2110.
4. Тертов Б. А., Назарова З. Н., Габараева Ю. А., Шубаева Н. В. // ЖОрХ. — 1972. — Т. 8. — С. 1081.
5. Pat. 2959589 US / Ramsden H. E. // C. A. — 1961. — Vol. 55. — 5548b.
6. Normant H. // Bull. soc. chim. Fr. — 1957. — N 5. — P. 728.
7. Takeda A., Shinham K., Tsuboi S. // Bull. Chem. Soc. Japan. — 1977. — Vol. 50. — P. 1903.
8. Takeda A., Shinham K., Tsuboi S. // J. Org. Chem. — 1980. — Vol. 45. — P. 3125.
9. Johnson J. R., Van Campen M. G., Grummitt O. // J. Amer. Chem. Soc. — 1938. — Vol. 60. — P. 111.
10. Martin G. J., Mechin B., Leroux Y., Paulmier C., Meunier J. C. // J. Organomet. Chem. — 1974. — Vol. 67. — P. 327.
11. Sherman E., Amstutz E. D. // J. Amer. Chem. Soc. — 1950. — Vol. 72. — P. 2195.
12. Tanis S. P. // Tetrah. Lett. — 1982. — Vol. 23. — P. 3115.
13. Tanis S. P., Chuang Y.-H., Head D. B. // J. Org. Chem. — 1988. — Vol. 53. — P. 4929.
14. Park O. S., Lee W. Y. / Yakhak Hoehi. — 1987. — Vol. 31. — P. 10; C. A. — 1988. — Vol. 108. — 112767.
15. Kato M., Watanabe M., Vogler B., Tooyama Y., Yoshikoshi A. // J. Chem. Soc. Chem. Commun. — 1990. — N 23. — P. 1706.
16. Tanis S. P., Head D. B. // Tetrah. Lett. — 1984. — Vol. 25. — P. 4451.
17. Tanis S. P., Head D. B. // Tetrah. Lett. — 1982. — Vol. 23. — P. 5509.
18. Tanis S. P., Chuang Y.-H., Head D. B. // Tetrah. Lett. — 1985. — Vol. 26. — P. 6147.
19. Carpita A., Bonaccorsi F., Rossi R. // Gazz. Chim. Ital. — 1984. — Vol. 114. — P. 443.
20. Tanis S. P., Herrinton P. M. // J. Org. Chem. — 1983. — Vol. 48. — P. 4572.
21. Welch S. C., Rao A. S. C. P., Lyon J. T., Assercq G. M. // J. Amer. Chem. Soc. — 1983. — Vol. 105. — P. 252.
22. Araki S., Butsugan Y. // Chem. Lett. — 1982. — N 2. — P. 177.
23. Araki S., Butsugan Y. // Bull. Chem. Soc. Jap. — 1983. — Vol. 56. — P. 1446.
24. Bosch J., Alvarez M., Llobera R., Feliz M. // An. Quim. — 1979. — Vol. 75. — P. 712.
25. Pat. 467249 Span / Grandos Jarque R., Bosch Cartes J., Llobera Jimenez R., Martinez Roldan C., Rabadan Peinado F. // C. A. — 1980. — Vol. 92. — 6427.
26. Takanishi K., Urabe H., Kuwajima I. // Tetrah. Lett. — 1987. — Vol. 28. — P. 2281.
27. Lindner E., Scheytt C. // Z. Naturforsch. B. — 1986. — Bd 41. — S. 10.
28. Corvers A., Scheers P. C. H., Denaan J. W., Buck H. M. // Rec. Trav. Chim. — 1977. — Vol. 96. — P. 279.

29. *Corvers A., Vanmil J. H., Sap M. M. E., Buck H. M.* // *Rec. Trav. Chim.* — 1977. — Vol. 96. — P. 18.
30. *Gunn B. P.* // *Tetrah. Lett.* — 1985. — Vol. 26. — P. 2869.
31. *Tanis S. P., Herrinton P. M., Dixon L. A.* // *Tetrah. Lett.* — 1985. — Vol. 26. — P. 5347.
32. *Burrell S. J., Derome A. E., Edenborough M. S., Harwood L. M., Leeming S. A., Isaacs N. S.* // *Tetrah. Lett.* — 1985. — Vol. 26. — P. 2229.
33. *Gaertner R.* // *J. Amer. Chem. Soc.* — 1952. — Vol. 74. — P. 5319.
34. *Шуйкин Н. И., Василевская Г. К.* // *ДАН.* — 1964. — Т. 159. — С. 395.
35. *Onesta R., Ferretti A.* // *Gazz. Chim. Ital.* — 1955. — Vol. 85. — P. 288
36. *Onesta R., Ferretti A., Notari B.* // *Gazz. Chim. Ital.* — 1956. — Vol. 86. — P. 178.
37. *Ingham C. F., Massy-Westropp R. A., Reynolds G. D.* // *Austral. J. Chem.* — 1974. — Vol. 27. — P. 1477.
38. *Holý A., Vysirčil A.* // *Coll. Czech. Chem. Commun.* — 1962. — Vol. 27. — P. 1861.
39. *Trost B. M., Lautens M., Hung M. H., Carmichael C. S.* // *J. Amer. Chem. Soc.* — 1984. — Vol. 106. — P. 7641.
40. *Sjöholm R.* // *Acta Chem. Scand., B.* — 1977. — Vol. 31. — P. 278.
41. *Gustafsson B.* // *Acta Chem. Scand., B.* — 1977. — Vol. 31. — P. 382.
42. *Holmberg G. A., Wennström M., Grönland M.* // *Acta Chem. Scand. B.* — 1975. — Vol. 29. — P. 728.
43. *Лапкин И. И., Богословский Н. В., Сайткулова Ф. Г.* // *ЖОрХ.* — 1966. — Т. 2. — С. 156.
44. *Дормидонтов Ю. П., Шадрин Л. П.* // *ЖОрХ.* — 1983. — Т. 19. — С. 269.
45. *Benetti S., Chiron R., Graff Y.* // *C. r. C.* — 1976. — Т. 283. — P. 351.
46. *Вихерт С.* // *ЖОрХ.* — 1982. — Т. 18. — С. 2223.
47. *Бердинский И. С., Казакова Л. В., Петюнин Г. П., Петюнин П. А., Бабошко В. П.* // *ЖОрХ.* — 1974. — Т. 10. — С. 2077.
48. *Gauthier R., Axiotis G. P., Chastrette M.* // *J. Organomet. Chem.* — 1977. — Vol. 140. — P. 245.
49. *Мамедов Ш., Аванесян М. А., Алиева Б. М.* // *ЖОХ.* — 1964. — Т. 34. — С. 478.
50. *Lutz R. E., Smith J. M., Jr* // *J. Amer. Chem. Soc.* — 1941. — Vol. 63. — P. 1148.
51. *Amatore C., Jutand A., Negri S., Fauvarque J.-F.* // *J. Organomet. Chem.* — 1990. — Vol. 390. — P. 389.
52. *Negishi E., Luo F.-T., Frisbee R., Matsushita H.* // *Heterocycles.* — 1982. — Vol. 18. — P. 117.
53. *Soai K., Kawase Y.* // *J. Chem. Soc. Perkin I.* — 1990. — N 11. — P. 3214.
54. *Klingstedt T., Frejd T.* // *Organometallics.* — 1983. — Vol. 2. — P. 598.
55. *Minato A., Suzuki K., Tamao K., Kumada M.* // *J. Chem. Soc., Chem. Commun.* — 1984. — N 8. — P. 511.
56. *Pelter A., Rowlands M., Jenkins I. H.* // *Tetrah. Lett.* — 1987. — Vol. 28. — P. 5213.
57. *Frejd T., Klingstedt T.* // *Synthesis.* — 1987. — N 1. — P. 40.
58. *Arcadi A., Burini A., Cacchi S., Delmastro M., Marinelli F., Pietroni B.* // *Synlett.* — 1990. — N 1. — P. 47.
59. *Ennis D. S., Gilchrist T. L.* // *Tetrahedron.* — 1990. — Vol. 46. — P. 2623.
60. *Luo F.-T., Wang R.-T.* // *Heterocycles.* — 1991. — Vol. 32. — P. 2365.
61. *Тертов Б. А., Назарова З. Н., Габараева Ю. А., Шубаева Н. В.* // *ЖОХ.* — 1971. — Т. 7. — С. 1062.
62. *Dunlop A. P., Peters F. N.* // *The Furans.* — New York: Reinhold Publishing Corporation, 1953. — Ch. 6. — P. 193.
63. *Новиков С. С., Годовикова Т. И., Тартаковский В. А.* // *ДАН.* — 1959. — Т. 124. — С. 834.
64. *Новиков С. С., Годовикова Т. И., Тартаковский В. А.* // *Изв. АН СССР. Сер. хим.* — 1960. — № 3. — С. 505.
65. *Söderbäck E.* // *Acta Chem. Scand. B.* — 1959. — Vol. 13. — P. 1221.
66. *Brown W. H., Wright G. F.* // *Can. J. Chem.* — 1957. — Vol. 35. — P. 236.
67. *Pat. 6927230 Japan / Katsuda S.* // *C. A.* — 1970. — Vol. 72. — 43420.
68. *Pat. 7123729 Japan / Katsuda S.* // *C. A.* — 1971. — Vol. 75. — 98429.
69. *Okuzumi T.* // *Nippon Kagaku Zasshi.* — 1958. — Vol. 79. — P. 1371.
70. *Dowbenko R.* // *Chem. Ind.* — 1965. — Vol. 32. — P. 1425.
71. *Гиллер С. А., Андерсон А. А., Берзия А. Э., Шиманская М. В.* // *Изв. АН СССР. Сер. хим.* — 1965. — № 5. — С. 575.
72. *Fétizon M., Baranger P.* // *C. r.* — 1952. — Т. 234. — P. 2296.
73. *Katney J. P., Henssen H. W., Vijayakumaran N. G.* // *Tetrahedron.* — 1971. — Vol. 27. — P. 3323.
74. *Gilman H., Burtner R.* // *J. Amer. Chem. Soc.* — 1933. — Vol. 55. — P. 859.
75. *Gilman H., Burtner R.* // *J. Amer. Chem. Soc.* — 1933. — Vol. 55. — P. 2903.
76. *Gilman H., Burtner R.* // *J. Amer. Chem. Soc.* — 1949. — Vol. 71. — P. 1213.
77. *Donald G. M., Amstutz E. D.* // *J. Org. Chem.* — 1956. — Vol. 21. — P. 516.
78. *Hurd C. D., Wilkinson K.* // *J. Amer. Chem. Soc.* — 1948. — Vol. 70. — P. 739.
79. *Beck W. W., Hamilton C. S.* // *J. Amer. Chem. Soc.* — 1938. — Vol. 60. — P. 620.
80. *Несмеянов А. Н., Колобова Н. Е., Гончаренко Л. В., Анисимов К. Н.* // *Изв. АН СССР. Сер. хим.* — 1976. — № 5. — С. 1179.

81. Eastman R. H. // J. Amer. Chem. Soc. — 1950. — Vol. 72. — P. 5313.
82. Chadwick D. J., Chambers J., Hodgson P. K. G., Meakins G. D., Snowden R. L. // J. Chem. Soc. Perkin I. — 1974. — Vol. 10. — P. 1141.
83. Büchi G., Kovats E., Enggist P., Uhde G. // J. Org. Chem. — 1968. — Vol. 33. — P. 1227.
84. Gopichand Y., Prasad R. S., Chakravarti K. K. // Tetrah. Lett. — 1973. — N. 52. — P. 5177.
85. Chadwick D. J., Chambers J., Meakins G. D., Snowden R. L. // J. Chem. Soc., Perkin I. — 1973. — N 3. — P. 201.
86. Bonner W. A., Roth M. R. // J. Amer. Chem. Soc. — 1959. — Vol. 81. — P. 5454.
87. Cottet C. D., Feather M. S. // Carbohydr. Res. — 1981. — Vol. 98. — P. 173.
88. Назарова З. Н., Бабаев Ю. А. // ЖОХ. — 1964. — Т. 34. — С. 4010.
89. Wróbel J. T., Dabrowski Z. // Roczn. Chem. — 1966. — Т. 40. — P. 503.
90. Gronowitz S., Sörlin G. // Arkiv Kemi. — 1963. — Vol. 19. — P. 515.
91. Фабрицы А., Венус-Данилова Э. Д. // ЖОХ. — 1958. — Т. 28. — С. 3227.
92. Фабрицы А., Гоцинский С. // ЖОХ. — 1959. — Т. 29. — С. 81.
93. Фабрицы А., Кубаля И. // ЖОХ. — 1960. — Т. 30. — С. 3604.
94. Фабрицы А., Кубаля И. // ЖОХ. — 1961. — Т. 31. — С. 476.
95. Fabrycy A., Wichert Z. // Roczn. Chem. — 1968. — Vol. 42. — P. 35.
96. Fabrycy A., Wichert Z. // Roczn. Chem. — 1977. — Vol. 51. — P. 249.
97. Larock R. C., Liu C.-L. // J. Org. Chem. — 1983. — Vol. 48. — P. 2151.
98. Larock R. C., Hareison L. W. // J. Amer. Chem. Soc. — 1984. — Vol. 106. — P. 4218.
99. Баранов Н. Н., Малиновский М. С., Хмель М. П. // ХГС. — 1977. — № 9. — С. 1164.
100. Toda F., Akagi K. // Tetrahedron. — 1969. — Vol. 25. — P. 3795.
101. Toda F., Odi N., Akagi K. // Bull. Chem. Soc. Japan. — 1971. — Vol. 44. — P. 1050.
102. Bridges A. J., Thomas R. D. // J. Chem. Soc. Chem. Commun. — 1984. — N 11. — P. 694.
103. Венус-Данилова Э. Д., Фабрицы А. // ЖОХ. — 1956. — Т. 26. — С. 2458.
104. Венус-Данилова Э. Д., Фабрицы А. // ЖОХ. — 1956. — Т. 26. — С. 1901.
105. Фабрицы А., Добрженецкая Р. // ЖОХ. — 1967. — Т. 37. — С. 60.
106. Fabrycy A., Dobrznińska R. // Roczn. Chem. — 1967. — Vol. 41. — P. 1733.
107. Gill G. B., Idris M. S. H. // Tetrah. Lett. — 1985. — Vol. 26. — P. 4811.
108. Henbest H. B., Nichols B. // J. Chem. Soc. — 1959. — P. 227.
109. Giese B., Henck B., Lenhardt H., Leining U. // Chem. Ber. — 1984. — Bd 117. — S. 2132.
110. Barluenga J., Lopezpradu J., Campos P. J., Asensio G. // Tetrahedron. — 1983. — Vol. 39. — P. 2863.
111. Benhamou M.-C., Etemad-Moghadam G., Spéziale V., Lattes A. // J. Heterocycl. Chem. — 1978. — Vol. 15. — P. 1313.
112. Amouroux R., Chastrette F., Chastrette M. // J. Heterocycl. Chem. — 1981. — Vol. 18. — P. 565.
113. Новиков С. С., Тартаковский В. А., Годовикова Т. И., Грибов В. Г. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1962. — № 2. — С. 272.
114. Rowland R. L. // J. Amer. Chem. Soc. — 1951. — Vol. 73. — P. 2381.
115. Spéziale V., Roussel J., Lattes A. // J. Heterocycl. Chem. — 1974. — Vol. 11. — P. 771.
116. Gomez A. V., Barluenga M. J., Yus Asfiz M. // Rev. Acad. Cienc. Exactas, Fis-Quim. Natur. Zaragoza. — 1973. — Vol. 28. — P. 225.
117. Spéziale V., Lattes A. // J. Heterocycl. Chem. — 1979. — Vol. 16. — P. 465.
118. Левина Р. Я., Танцырева Т. И., Виноградова В. Н., Трещова Е. Г. // ДАН. — 1952. — Т. 85. — С. 107.
119. Rowland R. L., Perry W. L., Friedman H. L. // J. Amer. Chem. Soc. — 1951. — Vol. 73. — P. 1040.
120. Шилов Е. А., Василькевич И. М. // Укр. хим. журн. — 1967. — Т. 33. — С. 1044.
121. Фоменко А. С., Миклухин Г. П., Садовникова Е. А. // ДАН. — 1948. — Т. 62. — С. 91.
122. Фоменко А. С., Садовникова Е. А. // ЖОХ. — 1950. — Т. 20. — С. 1898.
123. Несмеянов А. Н., Сазонова В. А., Дрозд В. Н. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1959. — № 1. — С. 163.
124. Chadwick D. J., Chambers J., Meakins G. D., Snowden R. L. // J. Chem. Soc. Chem. Commun. — 1972. — N 12. — P. 742.
125. Saltzer S. // Tetrah. Lett. — 1962. — P. 457.
126. Khodeir M. N. M., Skulski L., Wfoczyński P. // Bull. Pol. Acad. Sci. Chem. — 1986. — Vol. 34. — P. 443.
127. Larock R. C., Bernhardt J. C. // J. Org. Chem. — 1977. — Vol. 42. — P. 1680.
128. Izumi T., Iino T., Kasahara A. // Bull. Chem. Soc. Japan — 1973. — Vol. 46. — P. 2251.
129. Pat. 1096367 Ger / Schütt H. // C. A. — 1961. — Vol. 55. — 25984a.
130. Fišera L., Surá J., Kováč J., Lucký M. // Coll. Czech. Chem. Commun. — 1974. — N 39. — P. 1711.
131. Nyulászi L., Gyuricza A., Veszprémi T. // Tetrahedron. — 1987. — N 43. — P. 5955.
132. Pat. 2084995 Brit / Milner D. J. // C. A. — 1982. — Vol. 97. — 72242.

133. *Maeba I., Iwata K., Usami F., Furukawa H.* // J. Org. Chem. — 1983. — Vol. 48. — P. 2998.
134. *Kato T., Tanemura M., Kauno S., Suzuki T., Kitahara Y.* // Bioorg. Chem. — 1971. — Vol. 1. — P. 84.
135. *Fukamiya N., Yasuda S.* // Chem. Ind. — 1979. — N 4. — P. 126.
136. Pat. 7210388 Japan / *Kato T., Tanemura M., Kitahara Y.* // C. A. — 1972. — Vol. 77. — 75356.
137. *Бумагин Н. А., Калиновский И. О., Белецкая И. П.* // ХГС. — 1983. — № 11. — С. 1467.
138. *Beletskaya I. P.* // J. Organomet. Chem. — 1983. Vol. 250. — P. 551.
139. *Bumagin N. A., More P. G., Beletskaya I. P.* // J. Organomet. Chem. — 1989. — Vol. 364. — P. 231.
140. *Larock R. C., Narayanan K., Hershberger S. S.* // J. Org. Chem. — 1983. — Vol. 48. — P. 4377.
141. *Bumagin N. A., More P. G., Beletskaya I. P.* // J. Organomet. Chem. — 1989. — Vol. 365. — P. 379.
142. *Бумагин Н. А., Море П. Г., Белецкая И. П.* // Металлоорганическая химия. — 1989. — Т. 2. — С. 351.
143. *Bhatia S., Kaushik N. K., Sodhi G. S.* // Z. Naturforsch. B. — 1988. — Bd 34. — S. 318.
144. *Bell N. A., King R. M.* // J. Organomet. Chem. — 1979. — Vol. 179. — P. 133.
145. *Wittig G.* // Rev. chim. Acad. Rep. Populaire Roumaine. — 1962. — Vol. 7. — P. 1393.
146. *Лукевиц Э., Гиллер С.* // Изв. АН ЛатвССР. Химия. — 1961. — № 4. — С. 99.
147. *Gilman H., Goreau T. N.* // J. Org. Chem. — 1952. — Vol. 17. — P. 1470.
148. *Pinhey J. T., Roche E. G.* // J. Chem. Soc. Perkin I. — 1988. — N 8. — P. 2415.
149. *Seyferth D., Anderson L. L., Villafañe F., Cowie M., Hiltz R. W.* // Organometallics. — 1992. — Vol. 11. — P. 3262.
150. *Kasahara A., Izumi T., Saito G., Takeda T.* / Asahi Garasu Kogyo Gijutsu Shoreikai Kenkyu Hokoku. — 1973. — Vol. 22. — P. 95. // C. A. — 1974. — Vol. 81. — 135859.
151. Pat. 17570 Japan / *Nagasawa M., Maeda T., Sato T.* // C. A. — 1963. — Vol. 59. — 11559.
152. *Бутин К. П., Юдин Л. Г., Павлюченко А. И., Белецкая И. П., Кост А. Н.* // ЖОрХ. — 1971. — Т. 7. — С. 2586.
153. *Colonna F. P., Distefano G., Guerra M., Jones D., Modelli A.* // J. Chem. Soc. Dalton. — 1979. — N 12. — P. 2037.
154. *Volka K., Adamek P., Stibor I., Ksandr Z.* // Spectrochim. Acta. A — 1977. — Vol. 33A. — P. 241.
155. *Ebdon A. P., Huckerby T. N., Thorpe F.G.* // Tetrah. Lett. — 1971. — N 31. — P. 3921.
156. *Doddrell D., Lewis K. G., Mulquiney C. E., Adcock W., Kitching W., Bullpitt M.* // Austral. J. Chem. — 1974. — Vol. 27. — P. 417.
157. *Lunazzi L., Tiecco M., Boicelli C. A., Taddei F.* // J. Mol. Spectrosc. — 1970. — Vol. 35. — P. 190.
158. *Coxen A. D., McLaughlan K. A.* // Mol. Phys. — 1963. — Vol. 7. — P. 11.
159. *Jennings P. W., Reedler S. K., Hurley J. C., Caughlan C. N., Smith G. D.* // J. Org. Chem. — 1974. — Vol. 39. — P. 3392.
160. *Miura Y., Onodzuka T., Shibaki H.* // Chemotherapy (Tokyo). — 1959. — Vol. 7. — P. 415.
161. *Shiiken M.* // Nippon Yakurigaku Zasshi. — 1958. — Vol. 54. — P. 658.
162. *Tanaka Y., Iwai I., Yura Y., Tomita K.* // Chem. Pharm. Bull. Tokyo. — 1960. — Vol. 8. — P. 252.
163. *Sumi H., Tanaka Y., Kondo Y.* / Takamine Kenkyusho Nempo. — 1958. — Vol. 10. — P. 240. // C. A. — 1961. — Vol. 55. — P. 4861b.
164. *Tanaka K.* / J. Biochem. (Tokyo). — 1961. — Vol. 50. — P. 102; C. A. — 1962. — Vol. 56. — 47746b.
165. *Sumi H., Nakamura K.* // Takamine Kenkyusho Nempo. — 1958. — Vol. 10. — P. 247. // C. A. — 1961. — Vol. 55. — 4861c.