

Э. Лукевиц, О. А. Пудова

ФУРАНОВЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТОВ III ГРУППЫ

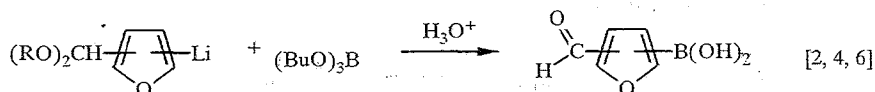
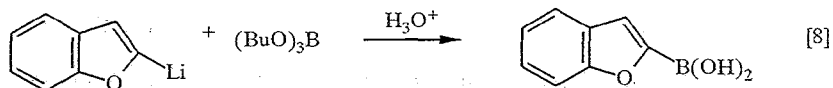
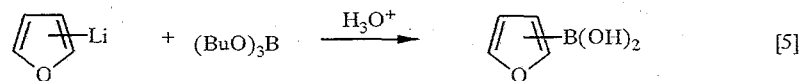
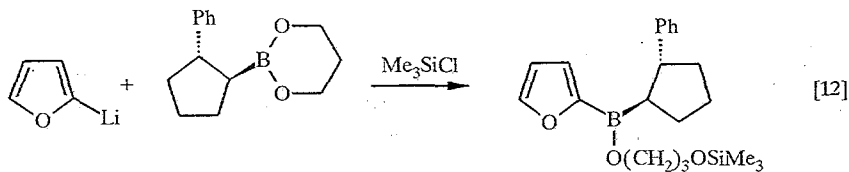
Обобщены методы синтеза, результаты физико-химического изучения и химические превращения фурановых производных бора, алюминия и таллия.

1. БОРОРГАНИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ФУРАНА

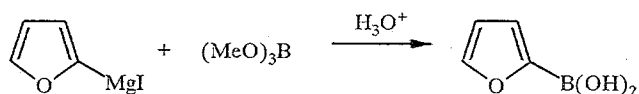
1.1. Синтез

Для синтеза борорганических производных фурана, в которых атом бора непосредственно связан с гетероциклом, использовались литиевый [1—12], магниевый [5, 13, 14], ртутный [15], силильный [16] и станильный методы [3]. Литийфураны применялись для получения комплексов с производными бора R_3B или $RB(OR^1)_2$ и последующего синтеза на их основе алкил- [4, 10] и алкенилфуранов [11], оптически активных бориновых эфиров [12], бороновых кислот фурана [5] и бензофурана [8], различных бороновых кислот формилфуранов [2, 4, 6], а также фурилдиалкилборанов [3].

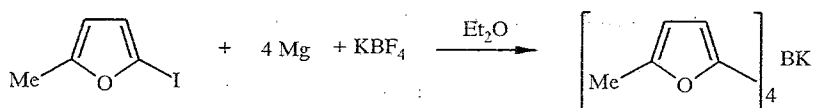
При взаимодействии 2- и 3-литийзамещенных диалкоксиметилфуранов с трибутилборатом и последующим гидролизом в кислой среде получены все возможные изомеры бороновых кислот формилфуранов [2, 4, 6].



2-Фурилмагнийдид, как и соответствующее литиевое производное фурана, можно использовать для получения 2-фурилбороновой кислоты [14].

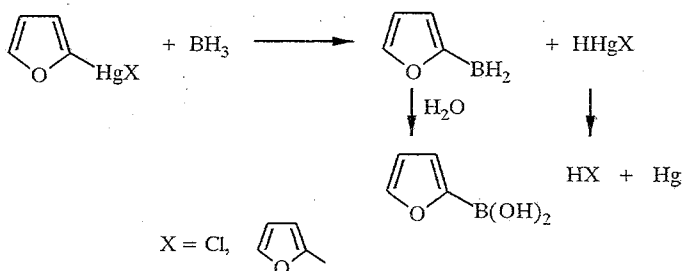


5-Йодсилван реагирует с магнием и борфторидом калия с образованием тетра [5-(2-метилфурил)]боркалия [17] (выход 7%).

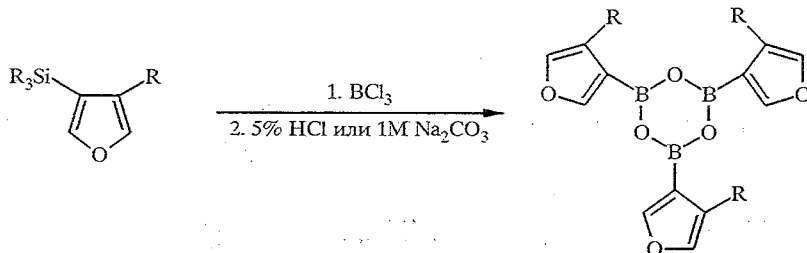


Подобная реакция с 2-йодфураном протекает значительно труднее (выход 2,5%), но все же удается получить тетра(2-фурил)борат в виде N-этилпиридиниевой соли.

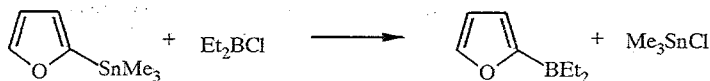
2-Фурилбороновая кислота может быть синтезирована при взаимодействии 2-фурилртутных производных с десятикратным избытком борана BH_3 в среде тетрагидрофурана за 20 мин при комнатной температуре и последующим гидролизом водой [15]. По мнению авторов, реакция протекает через фурилборан, который образуется в результате переметаллирования.



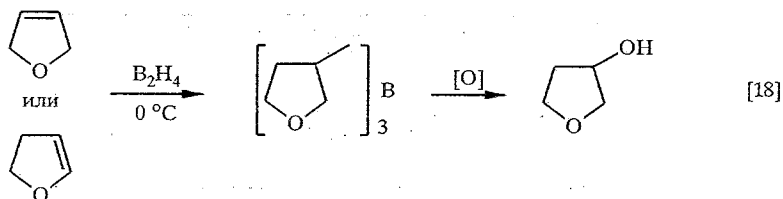
Силильная группа в 3,4-бис(триметилсилил)фуране и 3-Аг-4-триметилсилилфуранах подвергается региоспецифическому *ipso*-замещению при действии треххлористого бора, а гидролизом в кислой или щелочной среде промежуточных фурилдихлорборатов получены циклотрибороксаны [16].



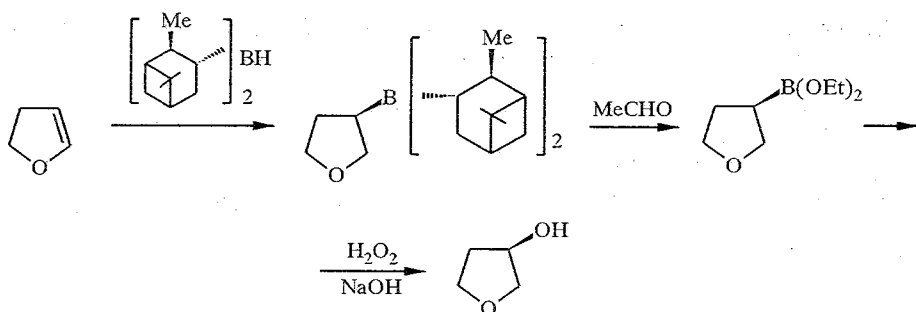
Экзотермично протекает реакция триметил(2-фурил)станнана с диэтилхлорбораном Et_2BCl в бензоле. Продуктом этой реакции является диэтил(2-фурил)боран [4].



Тетрагидрофурильные производные с атомом бора в положении 3 гетероцикла могут быть легко получены гидроборированием дигидрофуранов гидридными соединениями бора [18, 19].



С помощью ди(3-пинанил)борана осуществлено асимметрическое гидроборирование 2,3- и 2,5-дигидрофуранов [19]. Так, гидроборирование 2,3-дигидрофурана происходит при $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Последующее замещение пинанильной группы на этоксигруппу уксусным альдегидом (четырёхкратный избыток альдегида, 6 ч при $25\text{ }^{\circ}\text{C}$) и окисление перекисью водорода приводит к 3-гидрокситетрагидрофурану, имеющему *R*-конфигурацию асимметрического атома углерода. Аналогичные превращения 2,5-дигидрофурана приводят к 3-гидрокситетрагидрофурану, но в данном случае продукт является *S*-изомером [19].



Самые разнообразные химические превращения использовались для синтеза борорганических соединений фурана, в которых кольцо и атом бора разделены углеродной и гетероуглеродной цепочкой [20—32]. Так, проведено гидроборирование винилфурана и 1-(2-фурил)проп-1-ена некоторыми гидридами бора ($\text{BH}_3 \cdot \text{Me}_2\text{S}$, 9-борабицикло[3.1.3]нонан, дициклогексилборан) [20]. Основным, а в случае дициклогексилборана единственным, является β -продукт. Фурурилборан в незначительном количестве (3...6%) образуется в реакции с 9-борабицикло[3.1.3]нонаном и комплексом борана с диметилсульфидом (табл. 1).

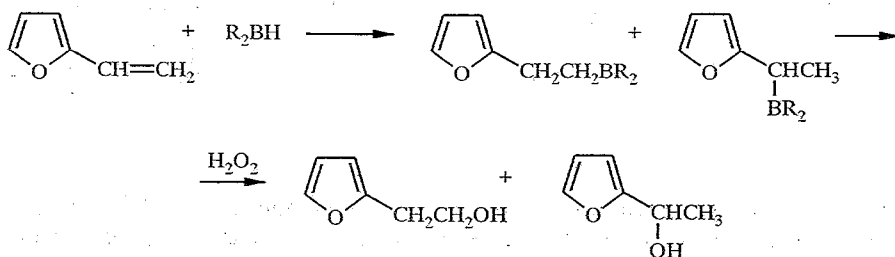
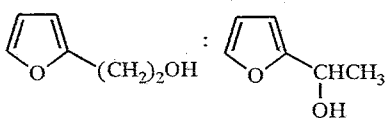
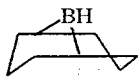
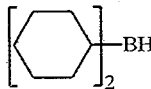


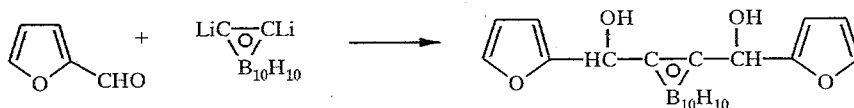
Таблица 1.

Гидроборирование 2-винилфурана (ТГФ, 25 °С)

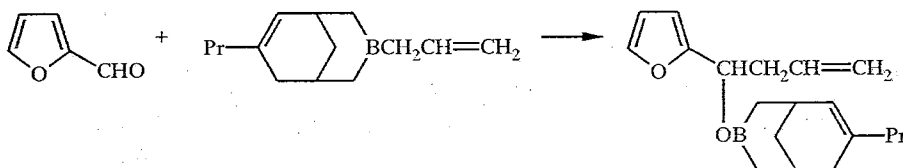
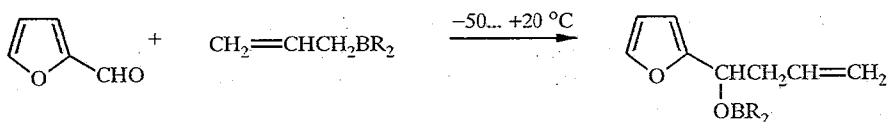
Гидроборан	Соотношение продуктов после окисления H_2O_2
	
$\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$	87 : 13
	94 : 6 97 : 3*
	100 : 0

* 65 °С

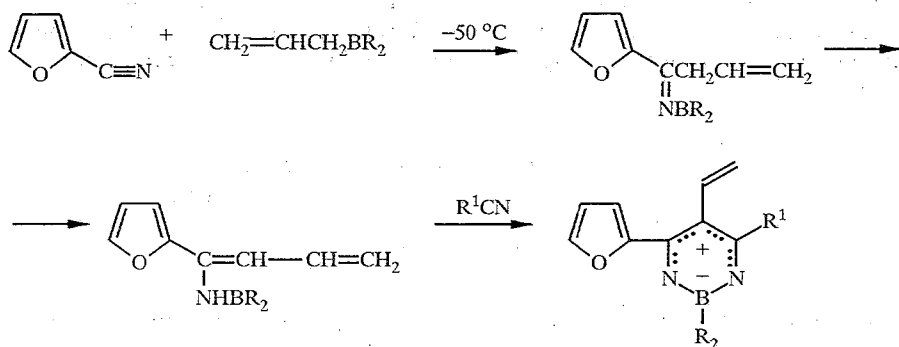
Литиевые производные дикарбадодекаборана [21] реагируют с фурфуролом по следующей схеме (выход 45%):



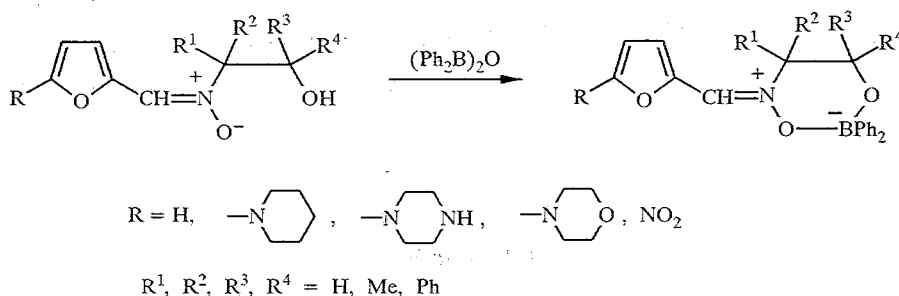
Фурфурол вступает также в реакцию аллилборирования боранами $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{BR}_2$. Взаимодействие осуществляется быстро с выделением тепла и не осложняется побочными процессами [22].



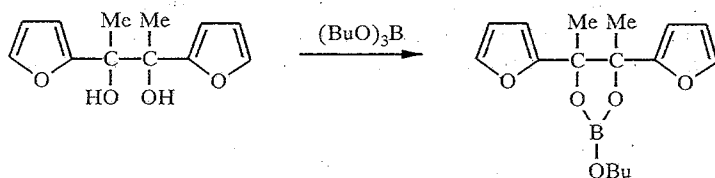
В аналогичную реакцию вступает и 2-фуронитрил [23]. Однако образующийся иминоборан под влиянием следов воды, спиртов, аминов изомеризуется в диенаминоборан, который при +20 °С с нитрилами циклизуется.



Циклизации подвергаются и различные фурилсодержащие нитроны при взаимодействии с тетрафенилдибороксаном [24].

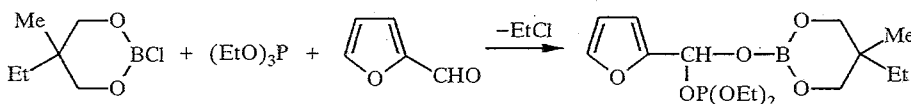


В реакции 2,3-ди(2-фурил)бутан-2,3-диола с трибутилборатом образуется циклический борат [25]

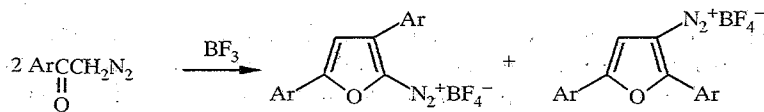


Тетрагидрофуруриловый спирт при нагревании с борной кислотой с выходом 22% дает 2,3-дигидропиран и некоторое количество три(тетрагидрофурурил)бората [26].

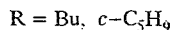
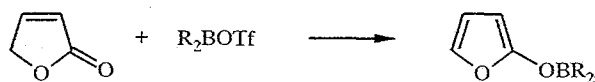
При слабом нагревании фурфурола, триэтилфосфита $P(OEt)_3$ и 5-метил-5-этил-1,3,2-диоксаборинана с выходом 99% образуется 2-[α -(диэтоксифосфинил)фурурилокси]-5-метил-5-этил-1,3,2-диоксаборинан [27].



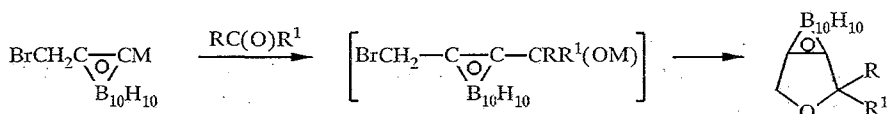
Фторбораты фурилдiazония получены из диазакетонов под действием трифторида бора [28, 29].



Соединения, в которых фурановое кольцо и атом бора разделены кислородным атомом, образуются при действии диалкилборилтрифторметансульфоната на бутенолид в присутствии аминов в среде дихлорметана при $-78\text{ }^\circ\text{C}$ [30].



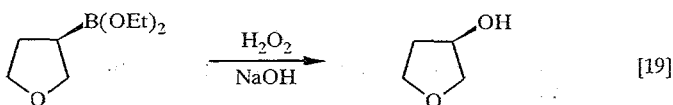
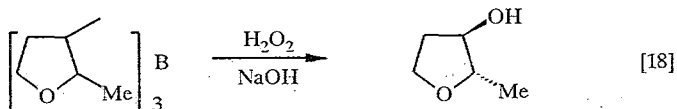
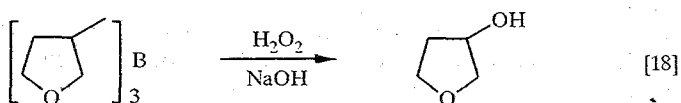
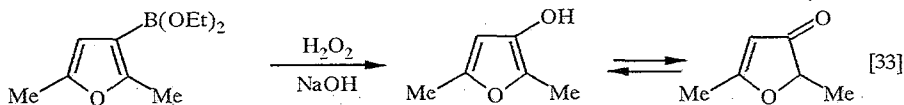
Тетрагидрофурильные производные дикарбадодекаборана можно получить при циклизации литиевых, натриевых и калиевых производных бромметилдикарбадодекаборана с альдегидами и кетонами [31, 32].



1.2. Свойства

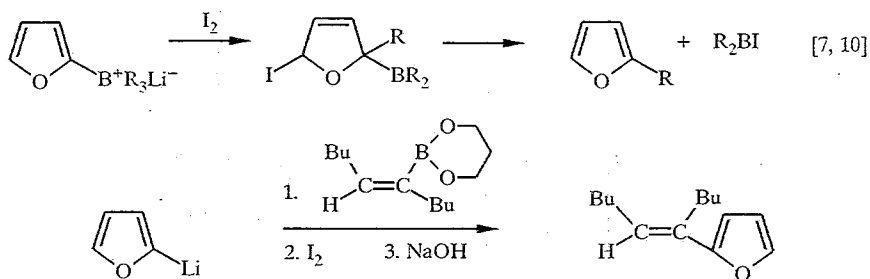
Реакции, в которые вступают борорганические соединения, можно подразделить на 2 типа. К первому относятся такие процессы, в которых происходит расщепление связи фуран—бор, а ко второму — реакции, проходящие по функциональным заместителям у атома бора.

Окисление фурилборанов перекисью водорода [18, 19, 33] протекает легко с образованием соответствующих гидроксильных производных.

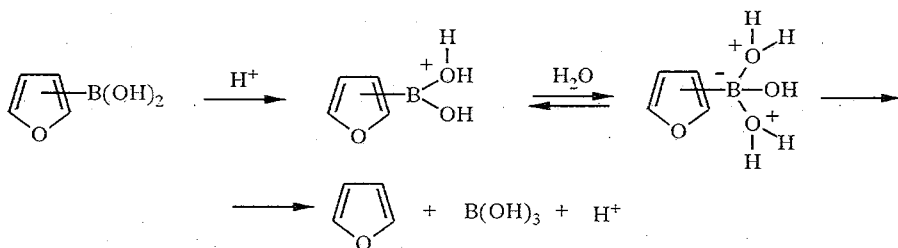


Следует отметить, что окисление три[3-(2-метилтетрагидрофурил)]борана протекает селективно и с выходом 80% образуется *транс*-продукт [18]. Окисление (*R*)- и (*S*)-3-тетрагидрофурилдиэтилборанатов [19] происходит с сохранением конфигурации оптически активного атома углерода.

При взаимодействии йода и комплексов фуриллития с триалкилборанами [7, 10, 11] (а этот процесс также можно рассматривать как окисление) с высоким выходом получены различные алкил- и алкенилфураны.

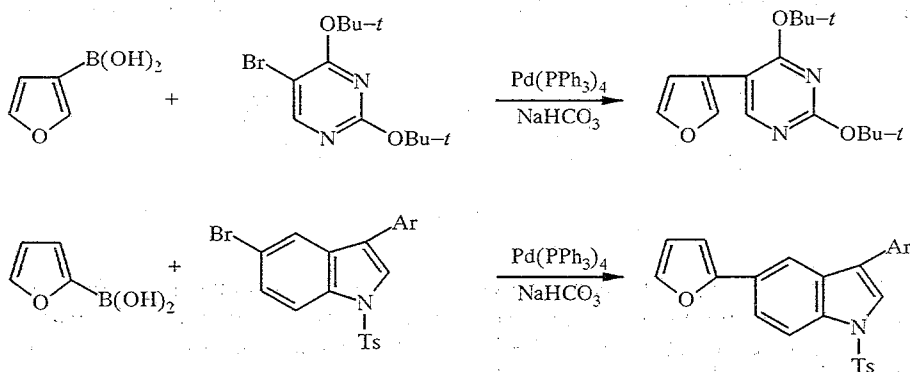


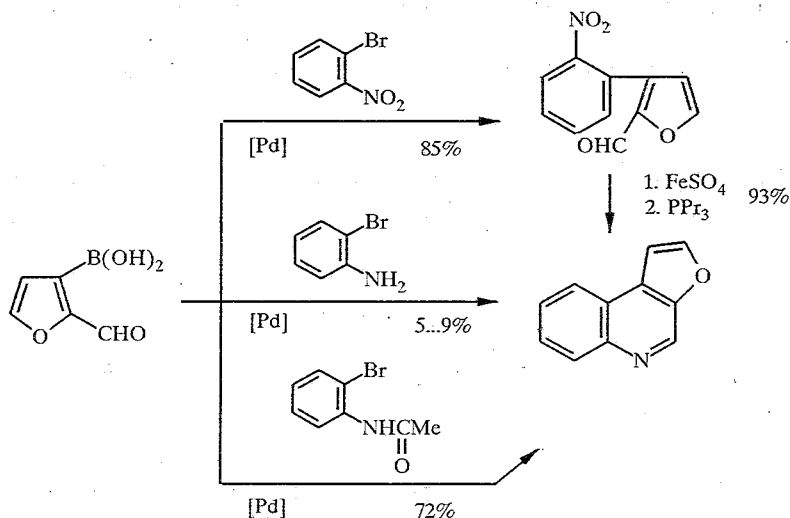
2- и 3-Фурилбороновые кислоты [5, 34], а также их производные с формильными группами в различных положениях фуранового кольца [34] действием водного раствора хлорной кислоты деборируются по следующей схеме:



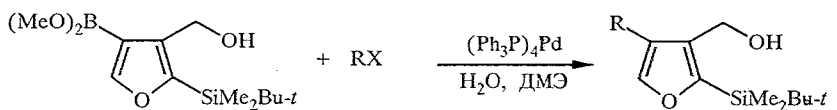
Бороновые кислоты с атомом бора во втором положении фуранового кольца деборируются легче, чем 3-изомеры. Изотопный эффект этой реакции ($k_{\text{KClO}_4} : k_{\text{KClO}_3}$) больше 1 [34].

Для синтеза биологически активных соединений из ряда 5-замещенных урацилов [35], индолов [36], фуро[2,3-*c*]хинолинов [37], а также арил- и алкенилфуранов [9, 16] использована реакция кросс-сочетания фуранбороновых кислот с бромпроизводными и арилтрифлатами. Взаимодействие протекает в присутствии палладиевого катализатора — тетракис(трифенилфосфин)палладия и бикарбоната натрия.



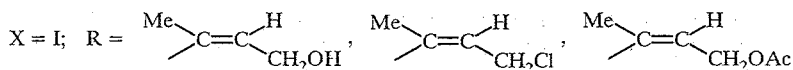


В работе [9] установлено, что фурилбораты, синтезированные из соответствующих литиевых производных, без выделения из реакционной среды в присутствии тетракис(трифенилфосфин)палладия реагирует с арилбромидами, арилтрифлатами и алкенилйодидами с образованием продуктов кросс-сочетания, выход которых составляет в большинстве случаев 60...80%. По этому методу из 3-[2-диметил(*tert*-бутил)силил-3-гидроксиметилфурил]диметилбората, генерированному *in situ*, получены разнообразные 2,3,4-тризамещенные фураны [9].

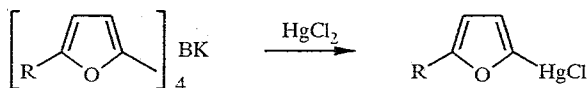


X = Br; R = Ph, α -C₁₀H₇, 4-MeC₆H₄, 2-O₂NC₆H₄, 2-OHCC₆H₄, PhCH₂

X = OTf; R = 4-MeOC₆H₄, 4-O₂NC₆H₄

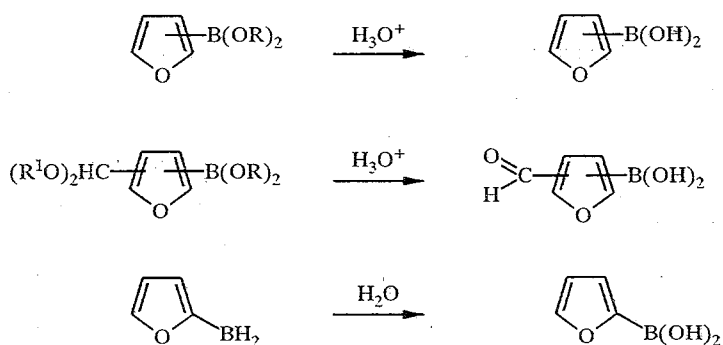


Тетрафурилборкалиевые соединения реагируют с сулемой по связи С(фурил)—В. Продуктами этой реакции являются фурилртутьхлориды [17].

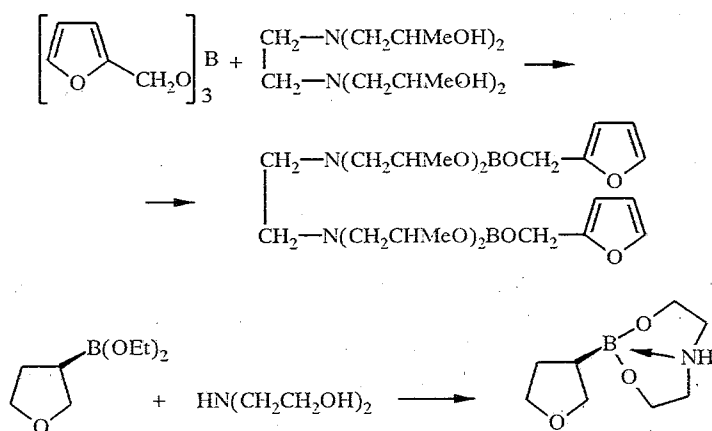


R = H, Me

Фурил- [2, 5, 15], формилфурил- [2, 4, 6] и бензофурилбороновая кислоты [8] получены при гидролизе соответствующих диэтил- и дибутилбороновых эфиров [2, 4—6, 8, 15] 1 М раствором соляной кислоты при 0 °С или 2-фурилборана [15] водой. Расщепления связи С—В в этих условиях не наблюдается.

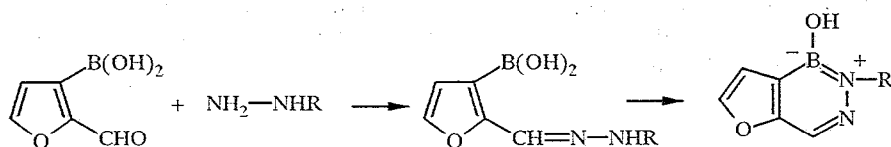


Фурилсодержащие бораты [38] и боронаты [19] вступают в реакции переэтерификации с этаноламинами.



В (3-тетрагидрофурил)диэтилборонате наблюдается замещение одной этоксигруппы под действием эквимольных количеств ацетиленидов лития $\text{RC} \equiv \text{CLi}$ и образование оптически активных боринатов [39].

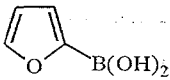
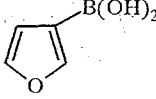
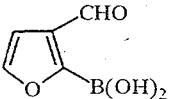
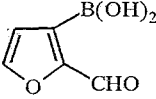
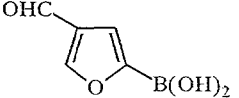
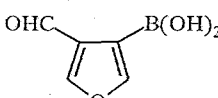
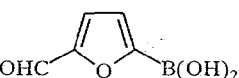
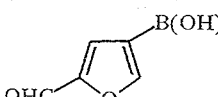
3-(2-Формилфуран)бороновая кислота медленно реагирует с гидразином, метилгидразином и арилсульфонилгидразинами [4, 40—43]. Реакция не останавливается на первой стадии конденсации гидразинов с карбонильной группой (за исключением отдельных случаев, например, с фенилгидразином [4]), и происходит внутримолекулярная циклизация с образованием диазaborинового цикла.



Циклический продукт с фенилгидразином удалось получить при кратковременном контакте реакционной смеси с сухим хлористым водородом в растворе бензола и хлороформа. Соединения этого типа обладают бактерицидной активностью [42—44].

Определены pK_a 2- и 3-фурилкарбоновых кислот и их формильных производных [5, 34] в воде при 25°C (табл. 2).

Величины pK_a фурилбороновых кислот

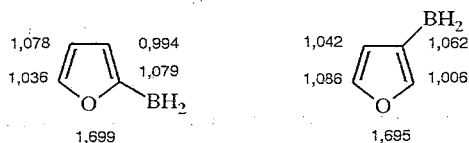
Соединение	pK_a	Соединение	pK_a
	7,89		8,65
	0,95		1,95
	2,15		7,96
	1,60		2,37

2-Фурил- ($pK_a = 7,89$) и 3-фурилбороновая ($pK_a = 8,65$) кислоты проявляют основные свойства, введение формильных групп значительно повышает кислотность соединений. Исключение составляет лишь 4-формил-3-фурилбороновая кислота ($pK_a = 7,96$), в которой альдегидная группа оказывает минимальное влияние.

Методом 1H [2, 3], ^{11}B [3, 45] и ^{13}C [3] ЯМР спектроскопии изучены некоторые фурилбораны, а результаты исследований приведены в табл. 3.

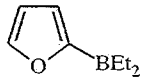
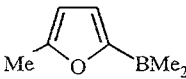
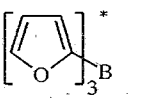
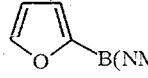
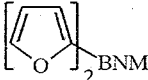
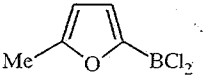
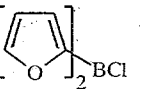
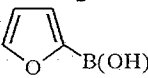
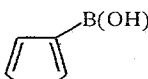
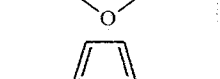
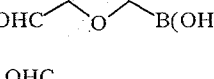
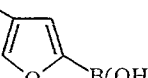
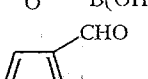
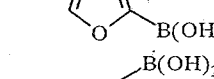
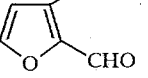
При введении атома бора во второе положение фуранового кольца (диэтил(2-фурил)боран, три(2-фурил)боран, (2-фурил)ди(диметиламино)боран, 2-фурилбороновая кислота) наблюдается дезэкранирование протонов H(3) и H(5) и смещение их сигналов в слабое поле, что свидетельствует об акцепторном влиянии атома бора на π -электронную систему фурана. То, что 2-фурильная группа проявляет донорный характер в молекулах боранов, следует из спектров ^{11}B ЯМР. Атом бора сильно экранирован в молекуле три(2-фурил)борана, а у (2-фурил)ди(диметиламино)борана экранирование больше, чем у три(диметиламино)борана [3].

Методом *ab initio* рассчитаны распределение π -заряда и энергия стабилизации 2- и 3-фурилборанов. Группа BH_2 оказывает стабилизирующий эффект на фурановое кольцо, причем он более выражен для 2-замещенного фурана [46].



Методом рентгеноструктурного анализа установлена структура циклотрибороксана с 4-триметилсилил-3-фурильными заместителями у атомов бора [16]. Молекулы этого соединения имеют C_{3h} симметрию со средней длиной B—O связей 1,372 Å.

Химические сдвиги ^1H , ^{11}B в спектрах ЯМР. фурилборанов

Соединение	$\delta^{11}\text{B}$, м. д.	$\delta^1\text{H}$, м. д.				Литература
		H(2)	H(3)	H(4)	H(5)	
	-67,6	—	7,30	6,50	7,75	[3]
	-66,2	—	—	—	—	[3]
	-35,0	—	—	6,56	7,78	[3, 45]
	-28,1	—	6,56	6,36	7,56	[3]
	-25,2	—	—	—	—	[3]
	-44,6	—	7,43	6,18	—	[3]
	-40,0	—	—	—	—	[3]
	—	—	7,03	6,39	7,69	[2]
	—	7,81	—	6,63	7,53	[2]
	—	—	7,27	7,50	—	[2]
	—	—	7,32	—	8,64	[2]
	—	—	—	6,87	8,00	[2]
	—	—	—	6,95	8,05	[2]
	—	8,07	—	—	8,77	[2]
	—	8,17	—	7,65	—	[2]

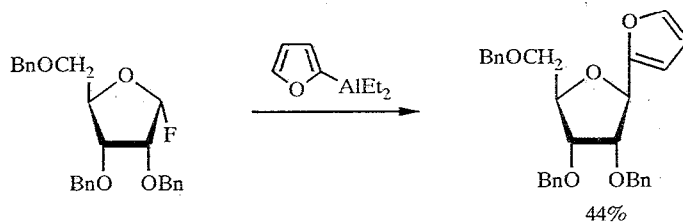
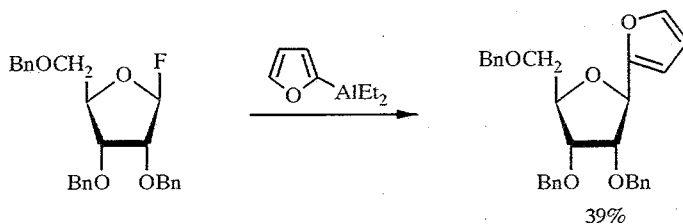
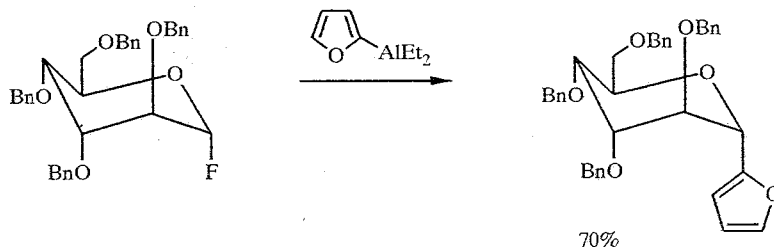
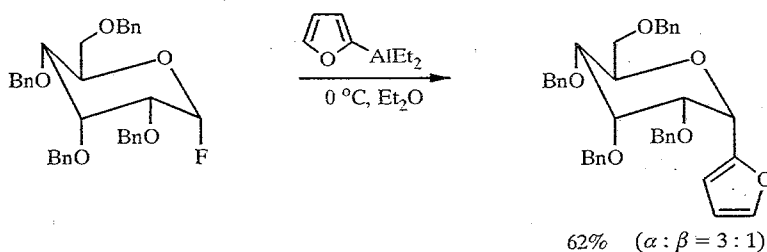
* Спектр ^{13}C ЯМР (δ , м. д.): C(2) — 160,7; C(3) — 160,6; C(4) — 111,5; C(5) — 148,7 [45].

2. АЛЮМИНИЙ- И ТАЛЛИЙОРГАНИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ФУРАНА

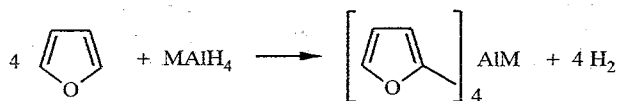
Синтез и свойства алюминиевых производных фурана мало изучены. В литературе описаны лишь два метода синтеза алюмофуранов со связью Сфурил—Al [47, 48]. В одном случае для получения диэтил(2-фурил)алюминия использовался литиевый метод [47].



Реакцией гликопиранозилфторидов с диэтил(2-фурил)алюминием получены соответствующие фурилсодержащие сахара, причем взаимодействие протекало с сохранением конфигурации аномерного центра. Сочетание алюминиевого реагента с рибофуранозилфторидами приводит к β -аномерам. Аномерная смесь рибофуранозилфуранов (1 : 1) получена из аномерной смеси исходных фторидов и при использовании не щелочной, а кислотной обработки [47].



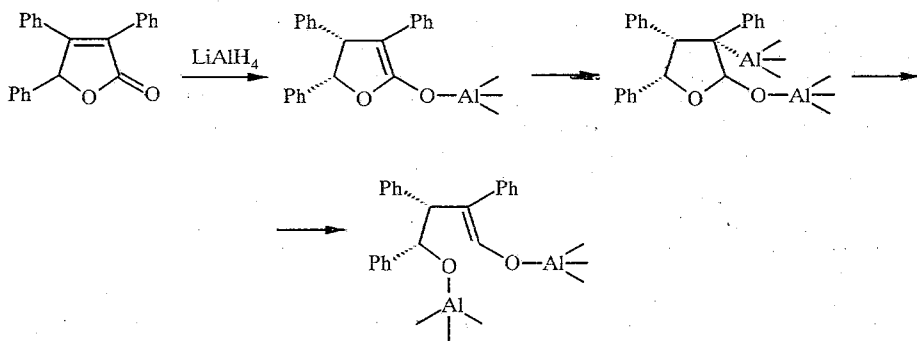
Найдено, что алюмогидриды натрия и калия металлируют фуран [48]. Реакция осуществляется в диглиме при 100...160 °С. При последующей обработке реакционной смеси углекислым газом получена 2-фуранкарбоновая кислота.



M = Na, K

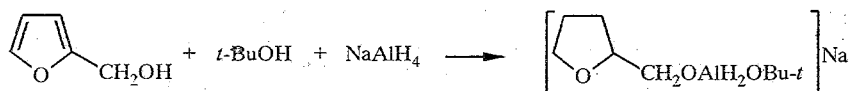
При проведении аналогичной реакции с алюмогидридом лития установлено, что даже продолжительное нагревание приводит лишь к незначительному выделению водорода.

При восстановлении 3,4,5-трифенилфуран-2(5H)-она литийалюминийгидридом образуется ряд промежуточных алюминиевых производных (в том числе и с раскрытым циклом) [49], а триэтилалюминий полностью раскрывает гетероцикл 2,2-диэтилфуран-2(5H)-она [50].

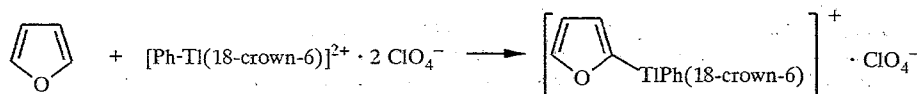


Вывод о строении алюмопроизводных сделан на основании анализа продуктов гидролиза этих соединений водой и D₂O.

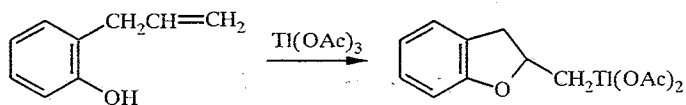
При взаимодействии алюмогидрида натрия, *трет*-бутанола и фурфуролового спирта с количественным выходом получен *трет*-бутоксидигидро(тетрагидрофурфурилокси)алюминат натрия [51, 52], в котором атом алюминия и гетероцикл разделены OCH₂-группой.



Первое соединение со связью Сфурил—Тl получено путем электрофильного замещения положения 2 кольца фурана при действии на него диперхлората (18-краун-6)фенилталлия. Реакция протекает в мягких условиях при комнатной температуре с выходом 67% [53].



2,3-Дигидробензофурильное производное таллия образуется с количественным выходом при окислении *o*-аллилфенола ацетатом таллия(III) [54] в уксусной кислоте при 0 °С.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукевиц Э., Пудова О. А. // ХГС. — 1995. — № 4. — С. 435.
2. Florentin D., Roques B. P., Fournié-Zaluski M. C. // Bull. soc. chim. Fr. — 1976. — N 11-12. — P. 1999.
3. Wrackmeyer B., Nöth H. // Chem. Ber. — 1976. — Bd 109. — S. 1075.
4. Gronowitz S., Michael U. // Arkiv Kemi. — 1971. — Vol. 32. — P. 283.
5. Roques B. P., Florentin D., Callanquin M. // J. Heterocycl. Chem. — 1975. — Vol. 12. — P. 195.
6. Florentin D., Roques B. P. // С. г. С. — 1970. — Т. 270. — P. 1608.
7. Akimoto I., Suzuki A. // Synthesis. — 1979. — N 2. — P. 146.
8. Pat. 814647 Brit / Yates J., Airs R. S. // С. А. — 1960. — Vol. 54. — 8851h.
9. Cristofoli W. A., Keay B. A. // Tetrah. Lett. — 1991. — Vol. 32. — P. 5881.
10. Marinelli E. R., Levy A. B. // Tetrah. Lett. — 1979. — N 25. — P. 2313.
11. Brown H. C., Bhat N. G. // J. Org. Chem. — 1988. — Vol. 53. — P. 6009.
12. Brown H. C., Srebnik M., Bakshi R. K., Cole T. E. // J. Amer. Chem. Soc. — 1987. — Vol. 109. — P. 5420.
13. Лукевиц Э., Пудова О. А. // ХГС. — 1995. — № 4. — С. 474.
14. Johnson J. R., Van Campen M. G., Grunmitt O. // J. Amer. Chem. Soc. — 1938. — Vol. 60. — P. 111.
15. Breuer S. W., Thorpe F. G., Podestá J. C. // Tetrah. Lett. — 1974. — N 42. — P. 3719.
16. Song Z. Z., Zhou Z. Y., Mak T. C. W., Wong H. N. C. // Angew. Chem. Int. Ed. Engl. — 1993. — Vol. 32. — P. 432.
17. Несмеянов А. Н., Сазонова В. А., Дрозд В. Н. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1959. — N 1. — С. 163.
18. Zweifel G., Plamondon J. // J. Org. Chem. — 1970. — Vol. 35. — P. 898.
19. Brown H. C., Vara Prasad J. V. N. // J. Amer. Chem. Soc. — 1986. — Vol. 108. — P. 2049.
20. Brown H. C., Vara Prasad J. V. N., Zee S.-H. // J. Org. Chem. — 1986. — Vol. 51. — P. 439.
21. Станко В. И., Гольяшин Ю. В. // ЖОХ. — 1971. — Т. 41. — С. 2033.
22. Michailov B. M., Vubnov Yu. N., Tsuban' A. V., Grigoryan M. S. // J. Organomet. Chem. — 1978. — Vol. 154. — P. 131.
23. Бубнов Ю. Н., Цыбань А. В., Михайлов Б. М. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1976. — N 12. — С. 2842.
24. Kliegel W., Enders B., Becker H. // Chem. Ber. — 1983. — Bd 116. — S. 27.
25. Wiemann J., Morizur J.-P., Dana G. // С. г. — 1963. — Т. 257. — P. 1300.
26. Baumgartner G. J., Wilson C. L. // J. Amer. Chem. Soc. — 1959. — Vol. 81. — P. 2440.
27. Pat. 3014952 US / Birum G. H., Dever J. L. // С. А. — 1962. — Vol. 56. — 10187с.
28. Ried W., Bodenstedt W. // Lieb. Ann. Chem. — 1963. — Bd 667. — S. 96.
29. Ried W., Bodenstedt W. // Lieb. Ann. Chem. — 1964. — Bd 679. — S. 77.
30. Jofford C. W., Jaggi D., Boukouvalas J. // J. Chem. Soc. Chem. Commun. — 1988. — N 24. — P. 1595.
31. Захаркин Л. И. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1965. — № 1. — С. 158.
32. Zakharkin L. I. // Tetrah. Lett. — 1964. — N 33. — P. 2255.
33. Lantz R., Hörnfeldt A.-B. // Chem. Scripta. — 1976. — Vol. 10. — P. 126.
34. Florentin D., Fournié-Zaluski M. C., Callanquin M., Roques B. P. // J. Heterocycl. Chem. — 1976. — Vol. 13. — P. 1265.
35. Peters D., Hörnfeldt A.-B., Gronowitz S. // J. Heterocycl. Chem. — 1990. — Vol. 27. — P. 2165.
36. Yang Y., Martin A. R. // Synth. Commun. — 1992. — Vol. 22. — P. 1757.
37. Yang Y. // Synth. Commun. — 1989. — Vol. 19. — P. 1001.
38. Pat. 3030405 US / Rudner B., Moores M. S. // С. А. — 1962. — Vol. 57. — 8437с.
39. Brown H. C., Gupta A. K., Vara Prasad J. V. N., Srebnik M. // J. Org. Chem. — 1988. — Vol. 53. — P. 1391.

40. Florentin D., Roques B. P., Metzger J.-M., Colin J.-P. // Bull. soc. chim. Fr. — 1974. — Vol. 11. — P. 2620.
41. Florentin D., Fournié-Zaluski M. C., Roques B. P. // J. Chem. Res. S. — 1977. — Vol. 6. — P. 158.
42. Pat. 2248690 Ger. Offen. / Davies G. M. // C. A. — 1973. — Vol. 79. — 92371.
43. Pat. 2264363 Ger. Offen. / Davies G. M. // C. A. — 1973. — Vol. 73. — 92369.
44. Grassberger M. A., Turnowsky F., Hildebrandt J. // J. Med. Chem. — 1984. — Vol. 27. — P. 947.
45. Odom J. D., Moore T. F., Goetze R., Nöth H., Wrackmeyer B. // J. Organomet. Chem. — 1979. — Vol. 175. — P. 15.
46. John I. G., Radom L. // J. Amer. Chem. Soc. — 1978. — Vol. 100. — P. 3981.
47. Macdonald S. J. F., Huizinga W. B., McKenzie T. C. // J. Org. Chem. — 1988. — Vol. 53. — P. 3371.
48. Захаркин Л. И., Гавриленко В. В. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1963. — № 10. — С. 1882.
49. Dikshit D. K., Munshi K. L., Kapil R. S., Anand N. // J. Chem. Soc. Perkin I. — 1977. — N 9. — P. 1087.
50. Sonnek G., Reinheckel H. // Z. Chem. — 1977. — Bd 17. — S. 335.
51. Pat. 2087530 Fr. / Born M., Lassau C. // C. A. — 1972. — Vol. 77. — 101370.
52. Pat. 2122432 Ger. Offen. / Born M., Lassau C. // C. A. — 1972. — Vol. 76. — 59430.
53. Kakiuchi F., Murai S., Kawasaki Y. // Organometallics. — 1992. — Vol. 11. — P. 4352.
54. Kabbe H.-J. // Lieb. Ann. Chem. — 1962. — Bd 656. — S. 204.

Латвийский институт органического
синтеза, Рига LV-1006

Поступило в редакцию 03.04.95