

### БОРИЛИРОВАНИЕ КАЛИКС[4]РЕЗОРЦИНОВ В УСЛОВИЯХ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ

© И. С. Низамов,<sup>1,2,3\*</sup> Р. Р. Шамилов,<sup>3</sup> Г. Р. Сабирзянова,<sup>3</sup> Е. Н. Никитин,<sup>3</sup>  
А. Р. Бурилов,<sup>1</sup> М. А. Пудовик<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт органической и физической химии имени А. Е. Арбузова  
Казанского научного центра Российской академии наук  
Россия, 420088, Казань, ул. Арбузова, 8; e-mail: isnizamov@mail.ru

<sup>2</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет

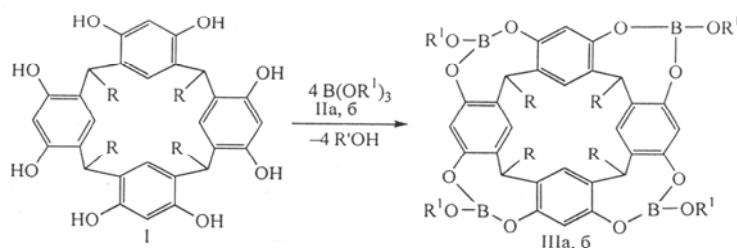
<sup>3</sup>Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет, Казань

Использование ультразвукового облучения в реакциях триалкилборатов с октагидрокситетраоктил[1,4]ментацicloфаном позволило получить с более высокими выходами и в более мягких условиях тетраалкоксиборатокавитанды. Впервые получены 1,3,2-диоксаборинановое производные тетраоктил[1,4]ментацicloфана с использованием ультразвукового облучения. Боратокавитанды превращены в соответствующие аминные комплексы с изобутиламином.

В последнее время наблюдается усиление интереса к структурным, химическим, физико-химическим и прикладным аспектам соединений класса каликсаренов. Это обусловлено наличием в соединениях гидрофобной полости, способной к комплексообразованию с молекулами нейтральных органических соединений и ионов [1–4]. Благодаря гидроксильным группам каликсарены подвергаются функционализации, что приводит к изменению размера и геометрии полости, ее способности к эффективному и селективному связыванию. Элементоилированные каликсарены могут иметь прикладное значение как комплексообразователи и экстрагенты металлов, служить в качестве моделей ферментов и некоторых других биохимических процессов. Среди элементоилированных по HO-группам

каликсаренов наибольшее внимание получили O- и C-фосфорилированные по нижнему и верхнему обоим кавитанды [5–19]. В то же время другие типы O-элементоилированных каликсаренов (O-сульфонильные [20], O- и C-силилированные [21–26] и O-борилированные кавитанды [27]) исследованы в меньшей степени.

Известно, что реакция каликсрезорцинов с триизобутилборатом при кипячении в толуоле приводит к образованию тетраалкоксиборатокавитандов [28]. С целью повышения реакционной способности боратов в этих реакциях предпринят поиск инициаторов этих превращений. Ранее нами было показано, что реакции тиофосфорилирования триалкилборатов в условиях ультразвукового облучения протекают значительно быстрее при более низкой темпе-



R = C<sub>7</sub>H<sub>15</sub>, R' = Bu-*i* (a), Bu (б).

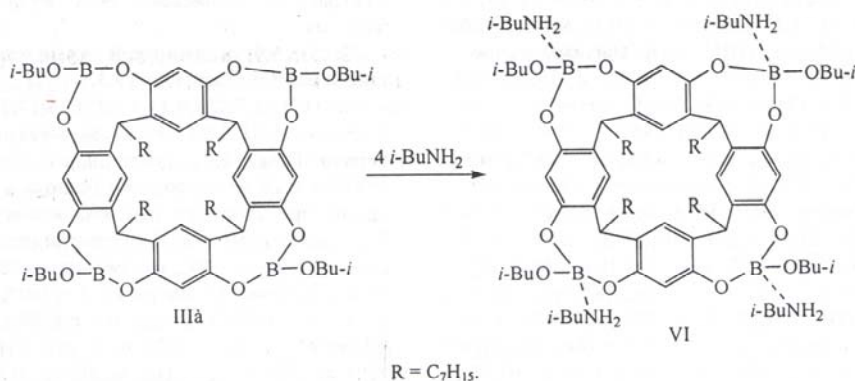
Поступило в Редакцию 10 марта 2011 г.

753



мезофрагмента (OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>O) при δ<sub>1</sub> 4.00 и δ<sub>2</sub> 4.07 м. д. (<sup>3</sup>J<sub>HH</sub> 5.7 Гц). В масс-спектре MALDI соединения (Va) имеется массовый пик *m/z* молекулярного иона 1661 [M]<sup>+</sup> (вычислено *M* 1663.8). Соответственно продукт (Vб) в масс-спектре MALDI имеет массовый пик *m/z* 1564 его молекулярного иона [M + 8H]<sup>+</sup> (вычислено *M* 1552.3).

Комплексообразующие свойства борокавитандов продемонстрированы на примере реакции с аминами. Взаимодействие кавитанда (Ша) с изобутиламином в среде бензола протекает при 50°C (1 ч) с образованием твердого аминного комплекса (VI).



В спектре ЯМР <sup>11</sup>B комплекса (VI) имеется уширенный сигнал при δ<sub>B</sub> -0.7 м. д., что свидетельствует о повышении координационного числа атома бора до четырех как в комплексе Et<sub>2</sub>O...BF<sub>3</sub> (δ<sub>B</sub> 0.0 м. д.), в котором атом бора также является четырехкоординированным [34]. ИК спектр соединения (VI) содержит широкую интенсивную полосу поглощения при ν 3423 см<sup>-1</sup> валентных колебаний группы Н<sub>2</sub>N<sup>+</sup>. Кавитанды (Va, б) также способны образовывать аминные комплексы с изобутиламином. В спектрах ЯМР <sup>11</sup>B этих комплексов присутствуют уширенные сигналы при δ<sub>B</sub> -6.8 м. д. для комплекса с соединением (Va) и δ<sub>B</sub> -6.2 м. д. для комплекса с кавитандом (Vб).

Таким образом, разработан способ ультразвукового иницирования реакций триалкилборатов с аммиаками и получены новые циклические бороксовые производные каликсаренов.

#### Экспериментальная часть

ИК спектры записаны на Фурье-спектрометре Nicolet Vector 22 (400–4000 см<sup>-1</sup>) в виде жидких пленок между пластинами КВг или таблеток. Спектры ЯМР <sup>1</sup>H зарегистрированы на спектрометрах Bruker Avance-400 с рабочей частотой 400 МГц и Bruker Avance-600 (600 МГц) в растворах CDCl<sub>3</sub>. Спектры ЯМР <sup>11</sup>B записывали на спектрометре Bruker Avance-600 (192.5 МГц, внешний стандарт –

BF<sub>3</sub>·Et<sub>2</sub>O) в растворах CDCl<sub>3</sub>. Масс-спектры MALDI получены на масс-спектрометре Ultraflex Bruker (УФ лазер, 337 нм, подложка – 1,8,9-тригидроксиантрацен). Реакции под воздействием ультразвукового облучения проводили с использованием ультразвукового диспергатора низкой частоты УЗДН-1У42 с конической насадкой концентратора излучателя. Температуру реакционной смеси измеряли с помощью несерийного термпарного измерителя температуры РТ-04.

**2,8,14,20-Тетрагептилпентацикло[19.3.1.1<sup>3,7</sup>.1<sup>9,13</sup>.1<sup>15,19</sup>]октакоза-1(25)3,5,7(28),9,11,13(27),15,17,19(26),21,23-додекаен-6,10,12,16,18,22,24,4-тетраизобутилборат (Ша).** Смесь 1.2 г каликсрезорцина (I) и 1.25 г бората (IIa) в 25 мл безводного толуола в атмосфере сухого аргона подвергали ультразвуковому облучению в течение 45 мин при 100°C. Реакционную массу после охлаждения упаривали в вакууме 0.5 мм рт. ст. 1 ч (40°C) и 0.02 мм рт. ст. 1 ч (40°C). Выход 1.4 г (85%), т. пл. 246–247°C (244–245°C [28]). ИК спектр (таблетка), ν, см<sup>-1</sup>: 3085 сл, 3061 сл (C–H, Ar), 2956 ср, 2923 с, 2871 с [ν<sub>as,s</sub>(CH<sub>3</sub>), ν<sub>as,s</sub>(CH<sub>2</sub>), (CH)], 1604 ср, 1495 с (C=C, Ar), 1462 с [δ<sub>as</sub>(CH<sub>3</sub>)], 1350 ср, 1381 ср [δ<sub>s</sub>(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>C<sub>gem</sub>], 1081 ср (O–C), 1033 ср (O–B). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м. д. (*J*, Гц): 0.90 т (12H, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>, <sup>3</sup>J<sub>HH</sub> 6.7), 0.94 д [4H, (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CHCH<sub>2</sub>O, <sup>3</sup>J<sub>HH</sub> 6.7], 1.26 м [40H, CH<sub>2</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>5</sub>], 1.79 м [4H, OCH<sub>2</sub>CH(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>], 2.07 м (8H, CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 3.44 д (8H, OCH<sub>2</sub>CH, <sup>3</sup>J<sub>HH</sub> 6.8),



4.13 два т (4Н,  $\text{CH}_2\text{CH-Ar}$ ,  $^3J_{\text{HH}}$  6.7), 6.30 м (4Н,  $\text{C}_6\text{H-орто}$ ), 7.20 м (4Н,  $\text{C}_6\text{H-мета}$ ). Найдено, %: С 71.18; Н 9.07; В 3.93.  $\text{C}_{72}\text{H}_{108}\text{V}_4\text{O}_{12}$ . Вычислено, %: С 71.54; Н 9.00; В 3.58.

**2,8,14,20-Тетрагептилпентацикло[19.3.1.1<sup>3,7</sup>, 1<sup>9,13</sup>, 1<sup>15,19</sup>]октакоза-1(25)3,5,7(28),9,11,13(27), 15,17,19(26),21,23-додекаен-6,10,12,16,18,22,24,4-тетрабутилборат (IIIб)** получали аналогично из 1.2 г каликсрезорцина (I) и 1.25 г бората (IIIб). Выход 1.3 г (81%). ИК спектр (пленка),  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3087 сл, 3061 сл (C-H, Ar), 2959 ср, 2931 с, 2871 с [ $\nu_{\text{as,s}}(\text{CH}_3)$ ,  $\nu_{\text{as,s}}(\text{CH}_2)$ , (CH)], 1611 ср, 1487 с (C=C, Ar), 1338 с [ $\delta_s(\text{CH}_3)$ ], 1073 ср (O-C), 1028 ср, 970 ср (O-B). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. (J, Гц): 0.94 т [12Н,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_2\text{CH}$ ,  $^3J_{\text{HH}}$  7.3], 0.96 т [12Н,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{O}$ ,  $^3J_{\text{HH}}$  7.0], 1.30 м ( $\text{CH}_2$ ), 1.40 м ( $\text{CH}_2$ ), 1.57 м ( $\text{CH}_2$ ), 1.75 д. т (8Н,  $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH-Ar}$ ,  $^3J_{\text{HH}}$  6.7), 2.33 м [8Н,  $\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}_2)_4\text{CH-Ar}$ ], 3.79 т (8Н,  $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ ,  $^3J_{\text{HH}}$  6.7), 4.35 т (4Н,  $\text{CH}_2\text{CH-Ar}$ ,  $^3J_{\text{HH}}$  6.7), 6.14 м (4Н,  $\text{C}_6\text{H-орто}$ ), 7.20 м (4Н,  $\text{C}_6\text{H-мета}$ ). Найдено, %: С 71.23; Н 8.88; В 3.77.  $\text{C}_{72}\text{H}_{108}\text{V}_4\text{O}_{12}$ . Вычислено, %: С 71.54; Н 9.00; В 3.58.

**3,5,10,12,17,19,24,26-Октакис(4,5-диметил-1,3,2-диоксаборолано)-1,8,15,22-тетракис(гексил)[4]метациклофан (Va)**. Смесь 0.5 г каликсрезорцина (I) и 0.52 г боролана (Va) в 15 мл безводного толуола в атмосфере сухого аргона подвергалась ультразвуковому облучению в течение 50 мин при 100°C. Реакционную массу после охлаждения до 20°C упаривали в вакууме 0.5 мм рт. ст. 1 ч (40°C) и 0.02 мм рт. ст. 1 ч (40°C). Выход 0.75 г (80%). ИК спектр (пленка),  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3028 сл (C-H, Ar), 2980 с, 2929 с, 2858 с [ $\nu_{\text{as,s}}(\text{CH}_3)$ ,  $\nu_{\text{as,s}}(\text{CH}_2)$ , (CH)], 1619 ср, 1501 с (C=C, Ar), 1466 с [ $\delta_{\text{as}}(\text{CH}_3)$ ], 1382, 1318 ср [ $\delta_s(\text{CH}_3)$ ], 1079 с, 1023 ср (O-C), 897 ср (O-B). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. (J, Гц), смесь изомеров: 0.92 т [12Н,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_2\text{CH}$ ,  $^3J_{\text{HH}}$  7.3], 1.25 д (48Н,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ -цикл.,  $^3J_{\text{HH}}$  6.0), 1.32 м ( $\text{CH}_2$ ), 2.32 м ( $\text{CH}_2$ ), 4.04 и 4.23 два м (4Н,  $\text{CH}_2\text{CHAr}$ ), 4.56 и 4.57 два к [16Н,  $\text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CH}_3$ -цикл.,  $^3J_{\text{HH}}$  6.0), 6.16 м (4Н,  $\text{C}_6\text{H-орто}$ ), 7.20 м (4Н,  $\text{C}_6\text{H-мета}$ ). Найдено, %: С 63.19; Н 8.81; В 5.49.  $\text{C}_{88}\text{H}_{136}\text{V}_8\text{O}_{24}$ . Вычислено, %: С 63.47; Н 8.26; В 5.20.

**3,5,10,12,17,19,24,26-Октакис(1,3,2-диоксаборинано)-1,8,15,22-тетракис(гексил)[4]метациклофан (Vб)** получали аналогично из 0.5 г каликсрезорцина (I) и 0.46 г боринана (Vб). Выход 0.7 г (80%). ИК спектр (пленка),  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3087 сл, 3026 сл (C-H, Ar), 2954 ср, 2928 с, 2856 с [ $\nu_{\text{as,s}}(\text{CH}_3)$ ,  $\nu_{\text{as,s}}(\text{CH}_2)$ , (CH)], 1618 ср, 1605 ср, 1489 ср (C=C, Ar), 1350 с [ $\delta_s(\text{CH}_3)$ ], 1161 с, 1070 ср, 1056 ср (O-C), 934 ср (O-B). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. (J, Гц): 0.91 т

[12Н,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_2\text{CH}$ ,  $^3J_{\text{HH}}$  6.7], 1.31 уш. с ( $\text{CCH}_2\text{C}$ ), 1.94 м (16Н,  $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$ ), 3.87 т (4Н  $\text{CH}_2\text{CH-Ar}$ ,  $^3J_{\text{HH}}$  6.7), 4.00 т (32Н,  $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$ ,  $^3J_{\text{HH}}$  5.7), 6.19 уш. с (4Н,  $\text{C}_6\text{H-орто}$ ), 7.16 м (4Н  $\text{C}_6\text{H-мета}$ ). Найдено, %: С 61.93; Н 7.45; В 5.56.  $\text{C}_{80}\text{H}_{120}\text{V}_8\text{O}_{24}$ . Вычислено, %: С 61.90; Н 7.79; В 5.57.

**Тетраизобутиламинный комплекс 2,8,14,20-тетрагептилпентацикло[19.3.1.1<sup>3,7</sup>, 1<sup>9,13</sup>, 1<sup>15,19</sup>]октакоза-1(25)3,5,7(28),9,11,13(27),15,17,19(26),21,23-додекаен-6,10,12,16,18,22,24,4-тетраизобутилбората (VIa)**. К раствору 0.5 г боратокавитана (IIIa) в 20 мл безводного бензола в токе сухого аргона при 20°C при перемешивании прибавляли 0.12 г изобутиламина. Полученный раствор перемешивали 1 ч при 50°C, охлаждали до 20°C и упаривали в вакууме 0.5 мм рт. ст. 1 ч (40°C) и 0.08 мм рт. ст. 1 ч (40°C). Выход 0.5 г (80%). ИК спектр (таблетка),  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3423 о. с. ш ( $\text{NH}_2$ ), 2957 ср, 2927 с, 2855 с [ $\nu_{\text{as,s}}(\text{CH}_3)$ ,  $\nu_{\text{as,s}}(\text{CH}_2)$ , (CH)], 1618 ср, 1495 ср (O-C), 1465 с [ $\delta_{\text{as}}(\text{CH}_3)$ ], 1370 ср, 1341 с [ $\delta_s(\text{CH}_3)_2\text{C}_{\text{gem}}$ ], 1168 ср (O-C), 1087 ср (O-B). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. (J, Гц): 0.90 д [24Н,  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2$ ],  $^3J_{\text{HH}}$  4.5], 0.94 д [24Н,  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{O}$ ,  $^3J_{\text{HH}}$  6.5], 0.9 т (12Н,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2$ ,  $^3J_{\text{HH}}$  6.5), 1.31 уш. с [40Н,  $\text{CH}(\text{CH}_2)_5$ ], 1.83 м [16Н,  $\text{NCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ ], 2.19 м (8Н  $\text{CH}_2\text{CH}_3$ ), 2.83 м [4Н,  $\text{NCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ ], 3.44 д (8Н  $\text{OCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ ,  $^3J_{\text{HH}}$  6.5], 4.34 м (4Н,  $\text{CH}_2\text{CH-Ar}$ ,  $^3J_{\text{HH}}$  6.7), 7.24 м (4Н,  $\text{C}_6\text{H-мета}$ ), 8.2 м (8Н,  $\text{NH}_2$ ). Найдено, %: С 70.33; Н 9.77; В 2.59; N 3.91.  $\text{C}_{88}\text{H}_{152}\text{V}_4\text{NO}_{12}$ . Вычислено, %: С 70.40; Н 10.20; В 2.88; N 3.73.

#### Список литературы

- [1] Гютише Ч.Д. // Химия комплексов «гость-хозяин». Синтез, структура и применение. М.: Мир, 1988. 505 с.
- [2] Gutsche C.D. Calixarenes. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1989. Vol. 1. P. 27.
- [3] Synthesis of macrocycles. Design of selective complexing Agents / Eds R.M. Izatt, J.J. Christensen. New York: John Wiley, 1987. P. 53.
- [4] Vicens J., Bohmer V. Calixarenes, a versatile class of macrocyclic compounds. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1990. P. 87.
- [5] Cobben P.L.H.M., Egberink R.J.M., Bomer J.G., Bergveld A., Verboom W., Reinhoudt D.N. // J. Am. Chem. Soc. 1992. № 114. N 26. P. 10573.
- [6] Нифантьев Э.Е., Масленникова В.И., Васянина Л.К., Панина Е.В. // ЖОХ. 1994. Т. 64. Вып. 1. С. 154.
- [7] Бурилов А.Р., Николаева И.Л., Галимов Р.Д., Пудовик М.И., Резник В.С. // ЖОХ. 1995. Т. 65. Вып. 10. С. 1745.

- уш: с  
7 т (4Н,  
I<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>O,  
м (4Н,  
В 5.56,  
7.79; В  
8,14,20-  
9]окта-  
,21,23-  
бутил-  
авитан-  
сухого  
бавляли  
переме-  
упари-  
)08 мм  
спектр  
957 ср,  
618 ср,  
1341 ср  
Спектр  
HCH<sub>2</sub>N  
(5), 0.99  
ЮН, СН<sub>2</sub>  
м (8Н,  
д (8Н,  
2Н-Аг),  
а), 8.20  
2.59; N  
)40; Н
- [1] Кальченко В.И., Рудкевич Д.М., Марковский Л.Н. // ЖОХ. 1990. Т. 60. Вып. 12. С. 2813.
- [2] Шиванюк А.Н., Кальченко В.И., Пироженко В.В., Марковский Л.Н. // ЖОХ. 1994. Т. 64. Вып. 9. С. 1558.
- [3] Кальченко В.И., Высоцкий М.А., Пироженко В.В., Шиванюк А.Н., Марковский Л.Н. // ЖОХ. 1994. Т. 64. Вып. 9. С. 1560.
- [4] Markovsky L.N., Kal'chenko V.I., Rudkevich D.M., Shivanjuk A.N. // Mendeleev Commun. 1992. N 3. P. 106.
- [5] Марковский Л.Н. // ЖОХ. 1990. Т. 60. Вып. 12. С. 2811.
- [6] Кальченко В.И., Высоцкий М.А., Пироженко В.В., Шиванюк А.Н., Марковский Л.Н. // ЖОХ. 1994. Т. 64. Вып. 9. С. 1560.
- [7] Grynszpan F., Aleksiuk O., Biali S. // J. Chem. Soc. Chem. Commun. 1993. P. 13.
- [8] Khasnis D.V., Burton J.M., Lattman M., Zhang H. // J. Chem. Soc. Chem. Commun. 1991. P. 562.
- [9] Thonnessen H., Jones P.G., Schmutzler R., Gloede J. // Acta Cryst. 1997. Vol. C53. P. 1310.
- [10] Takenaka K., Obora Y., Tsuji Y. // Inorg. Chim. Acta. 2004. Vol. 357. P. 3895.
- [11] Fang X., Scott B.L., Warkin J.G., Carter C.A.G., Kubas G.J. // Inorg. Chim. Acta. 2001. Vol. 317. P. 276.
- [12] Alamas L., Klimchuk O., Rudkevich V., Pirozhenko V., Kalchenko V., Smirnov I., Babain V., Efremova T., Varnek A., Wipff G., Arnaud-Neu F., Roch M., Saadioui M., Bohmer V. // J. Supramol. Chem. 2002. Vol. 2. P. 421.
- [13] Motta L., Vains J.-B.R.D., Bavoux C., Perrin M. // J. Chem. Cryst. 1995. Vol. 25. N 7. P. 401.
- [14] Tucker J.A., Knobler C.B., Trueblood K.N., Cram D.J. // J. Am. Chem. Soc. 1989. Vol. 111. N 10. P. 3688.
- [15] Cram D.J., Karbach S., Kim H.-E., Knobler C.B., Maverick E.F., Ericson J.L., Helgeson R.C. // J. Am. Chem. Soc. 1988. Vol. 110. N 7. P. 2229.
- [16] Gutsche C.D., Bauer L.J. // J. Am. Chem. Soc. 1985. Vol. 107. N 21. P. 6059.
- [17] Gutsche C.D., Levine J.A. // J. Am. Chem. Soc. 1982. Vol. 104. N 9. P. 2652.
- [18] Safa K.D., Oskoei Y.M. // J. Organomet. Chem. 2010. Vol. 695. P. 505.
- [19] Koenig B., Roedel Martin., Bubenitschek P., Jones P.G. // Angew. Chem. 1995. Vol. 107. N 6. P. 752.
- [20] Arimori S., Davidson M.G., Files T.M., Hibbert T.G., James T.D. // J. Chem. Soc. Chem. Commun. 2004. P. 1640.
- [21] Бурилов А.Р., Николаева И.Л., Галимов Р.Д., Пудовик М.А., Резник В.С. // ЖОХ. 1996. Т. 66. Вып. 4. С. 691.
- [22] Nizamov I.S., Sergeenko G.G., Batyeva E.S., Azancheev N.M., Al'fonsov V.A. // Main Group Chem. 2000. Vol. 3. N 2. P. 129.
- [23] Низамов И.С., Сергеенко Г.Г., Сорокина Т.П., Попович Я.Е., Еникеев К.М., Латыпов Ш.К., Батыева Э.С., Альфонсов В.А. // ЖОХ. 2002. Т. 72. Вып. 10. С. 1754.
- [24] Шагидуллин Р.Р., Чернова А.В., Виноградова В.С., Мухаметов Ф.С. Атлас ИК спектров фосфорорганических соединений (интерпретированные спектрограммы). М.: Наука, 1984. 336 с.
- [25] Singh O.P., Mehrotra R.K., Srivastava G. // Phosphorus, Sulfur, Silicon, Relat. Elem. 1991. Vol. 60. N 3-4. P. 147.
- [26] Singh O.P., Chaturvedi A., Saxena D.B., Mehrotra R.K., Srivastava G. // Monatsh. Chem. 1994. Bd 125. N 6-7. S. 607.
- [27] Низамов И.С., Сергеенко Г.Г., Сорокина Т.П., Попович Я.Е., Еникеев К.М., Латыпов Ш.К., Батыева Э.С., Альфонсов В.А. // ЖОХ. 2002. Т. 72. Вып. 10. С. 1754.