

РЕАКЦИИ ЦИКЛИЧЕСКИХ АЦЕТАЛЕЙ С ЭЛЕМЕНТОРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Н.Н. Михайлова, С.Ю. Шавшукова, Э.И. Гасан-заде, С.С. Злотский

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» - УГНТУ, ул. Космонавтов 1, г. Уфа, Российская Федерация, 450062
E-mail: ximik2008@mail.ru

В статье рассмотрены основные результаты научной школы академика Академии наук Республики Башкортостан Д.Л. Рахманкулова в области металлорганической химии циклических ацеталей. Представлены результаты взаимодействия циклических ацеталей и их гетероаналогов с Al-, Mg-, Si-органическими соединениями. Установлена взаимосвязь между количеством углерода в циклоалкане и его активностью при взаимодействии с элементоорганическими веществами.

Ключевые слова: циклические ацетали, диалкилалюминийгидриды, моноэфиры гликолей, триэтилалюминий, триизобутилалюминий, алюмоциклопентаны, реагенты Гриньяра, триалкилсиланы

REACTIONS OF CYCLIC ACETALS WITH ORGANOELEMENT COMPOUNDS

N.N. Mikhailova, S.Yu. Shavshukova, E.I. Gasan-zade, S.S. Zlotskii

Ufa State Petroleum Technological University – USPTU, 1 Kosmonavtov str., Ufa, Russian Federation, 450062
E-mail: ximik2008@mail.ru

The article discusses the main results of the scientific school of Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan D.L. Rakhmankulov in the field of organometallic chemistry of cyclic acetals. The results of the interaction of cyclic acetals and their heteroanalogues with Al-, Mg-, Si-organic compounds are presented. The relationship between the amount of carbon in cycloalkane and its activity in interaction with organoelement substances has been established.

Key words: cyclic acetals, dialkylaluminium hydrides, glycol monoesters, triethylaluminium, triisobutylaluminium, aluminocyclopentanes, Grignard reagents, trialkylsilanes

Для цитирования:

Михайлова Н.Н., Шавшукова С.Ю., Гасан-заде Э.И., Злотский С.С. Реакции циклических ацеталей с элементоорганическими соединениями. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2022. Т. LXVI. № 4. С. 49–54. DOI: 10.6060/rcj.2022664.7.

For citation:

Mikhailova N.N., Shavshukova S.Yu., Gasan-zade E.I., Zlotskii S.S. Reactions of cyclic acetals with organoelement compounds. *Ros. Khim. Zh.* 2022. V. 66. N 4. P. 49–54. DOI: 10.6060/rcj.2022664.7.

Научная школа академика Академии наук Республики Башкортостан Д.Л. Рахманкулова, основные достижения которой в области органического синтеза и нефтехимии нами были рассмотрены ранее [1–6], включала в себя также исследования в области металлорганической химии циклических ацеталей. В настоящей статье рассматриваются итоги и результаты изучения превращений замещенных 1,3-диоксациклоалканов и их гетеро-

аналогов с Al-, Mg-, Si-органическими соединениями, которые проводились Д.Л. Рахманкуловым и его учениками – С.С. Злотским, Е.А. Кантором с сотрудниками в 1985-2005 гг.

В результате исследований было установлено, что диалкилалюминийгидриды с высоким выходом (70–90%) восстанавливают циклические ацетали и кетали до соответствующих моноэфиров гликолей (схема 1) [7, 8].

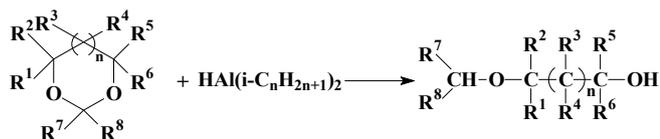


Схема 1.

Здесь и далее: R¹ - R⁸ = H, алкил, арил; n = 0, 1.

Лучшие результаты были достигнуты при использовании диизобутил- и диэтилпроизводных. А.А. Волковым, Э.Х. Кравцом под руководством С.С. Злотского обнаружено, что в спироацеталах пентоэритрита возможно разрушение одного цикла с образованием важных в практическом отношении 5-оксиметил-1,3-диоксанов (схема 2) [9].

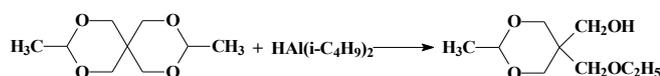


Схема 2.

Заместители в 4-ом положении 1,3-диоксанового цикла практически исключают разрыв C²-O³-связи, что приводит к образованию с высокой селективностью соответствующих производных первичных спиртов (схема 3) [10].

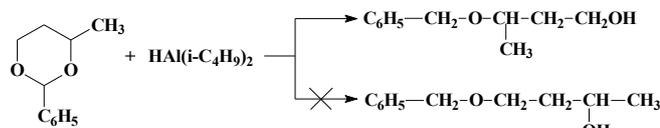


Схема 3.

При сравнении действия диизобутилалюминийгидрида на ортоформаты и их сернистые аналоги найдено, что алюминийорганические соединения реагируют по связям C-O активнее, чем по связям C-S (схема 4) [11].

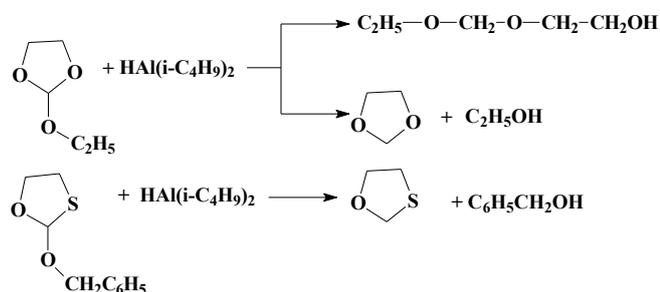


Схема 4.

Экспериментально доказано, что в 2-этокси-1,3-диоксолане эндо- и экзоциклические связи C-O разрываются одновременно, тогда как в молекулах 2-бензилокси-1,3-окситиолана имеет место распад только по экзоциклической C²-O связи.

Особый интерес представляли результаты C-алкилирования циклических ацеталей триэтилалюминием. В лучших условиях выход соответствующих моноэфиров достигал 80–90 % (схема 5) [12].

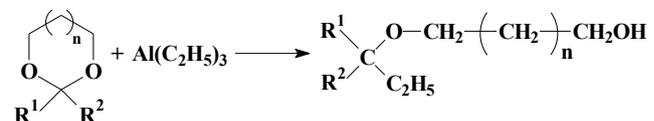


Схема 5.

Было установлено, что в изученных условиях триизобутилалюминий выступает не как алкилирующий, а как гидрирующий реагент (схема 6) [13].

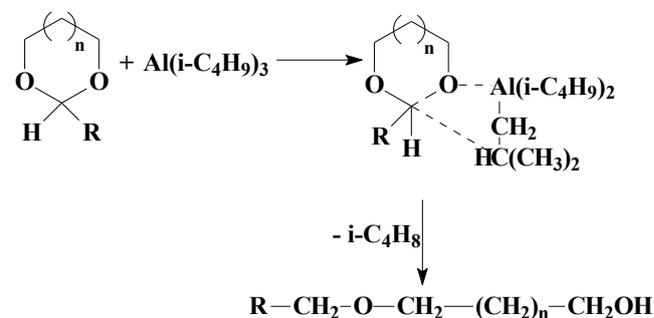


Схема 6.

Полученные результаты стимулировали С.С. Злотского и О.С. Вострикову с сотр. подробно изучить реакции циклических ацеталей с триалкилалюминиями. Было установлено [14], что соединения ряда переходных металлов, в частности соли циркония, успешно катализируют расщепление циклических ацеталей триизобутилалюминием. В зависимости от числа и строения заместителей во втором положении гетероцикла реакция протекает как гидрирование или алкилирование (схема 7).

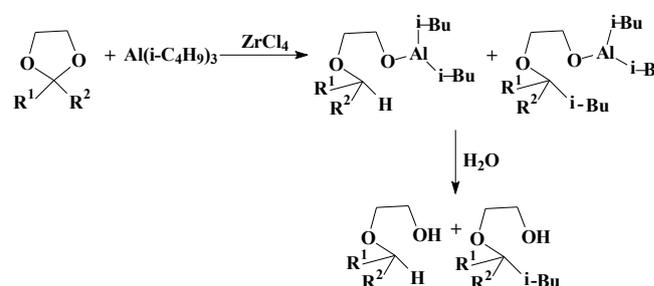


Схема 7.

Замена изобутильного заместителя на объемную алкильную группу снижает выход продуктов алкилирования.

При замене триалкилаланов на алюмоциклопентаны С.С. Злотский и О.С. Вострикова с сотр. получили ранее не описанные моноэфиры гликолей с выходами 40-60% (схема 8) [15].

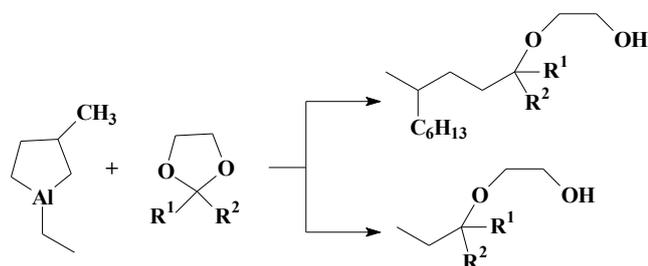


Схема 8.

Алюмоорганическое соединение в этих условиях региоселективно расщепляется по стерически менее затрудненной эндоциклической связи Al–C. В реакциях ацеталей с алкинилдиалкилаланами с высокой региоселективностью были получены важные в практическом отношении ацетиленовые моноэфиры (схема 9) [16].

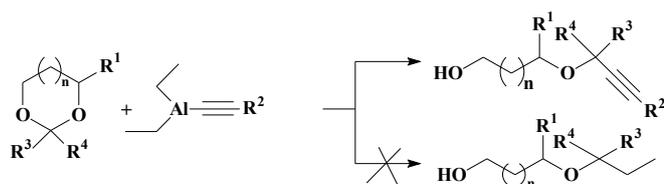


Схема 9.

Замена углеводородных растворителей на хлорсодержащие позволила не только увеличить выход продуктов реакции, но также повысить региоселективность процесса [17].

В целом, в реакциях с циклическими ацеталами циклические алюмоорганические реагенты обладают большей активностью, чем 3-алкилаланы [18].

Алкилалюминий хлориды энергично разрушают циклические ацетали с образованием моноэфиров (схема 10) [19, 20].

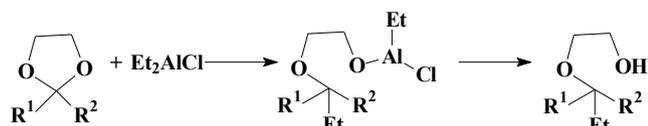


Схема 10.

Реагенты Гриньяра и триалкилсиланы аналогично ведут себя в реакциях с 1,3-диоксациклоалканами. Так, Е.А. Кантором с сотр. установлено, что взаимодействие циклических ацеталей с рас-

творами магнийорганических соединений приводит к расщеплению связи С–О и после гидролиза – к соответствующим моноэфирам диолов (схема 11) [21].

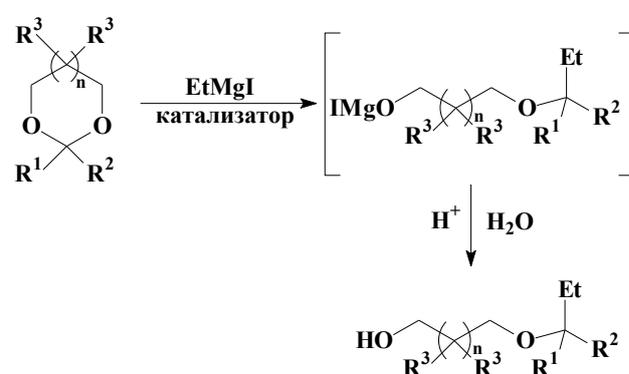


Схема 11.

Максимальный выход продуктов восстановительного замещения наблюдался при использовании реактивов Гриньяра с углеводородной группой изостроения. Было установлено, что кислоты Льюиса и комплексные соединения Ti и Zr катализируют процесс и обеспечивают количественный выход соответствующих продуктов восстановления.

В присутствии кислот Льюиса триэтилсиланы разрушают циклические формали с образованием соединений, содержащих Et₃Si-группу (схема 12) [22].



Схема 12.

При использовании непредельных кремнийсодержащих органических соединений для расщепления циклических ацеталей были получены диаллиловые эфиры с выходом 70-85% (схема 13) [23].

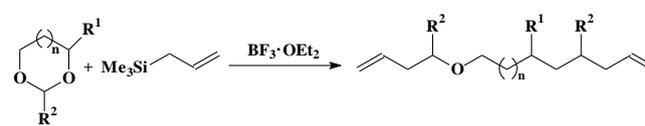


Схема 13.

Обнаружено [24], что пяти- и семизвенные цикланы активнее 1,3-диоксана. Алкильные и арильные заместители в 4-6-ом положениях цикла снижают реакционную способность субстратов.

Реакции гидросиланов с серосодержащими соединениями весьма чувствительны к природе катализатора. В ходе экспериментов установлено [25–27], что лучший выход продуктов наблюдается при использовании в качестве катализатора восстановленного никеля (схема 14).

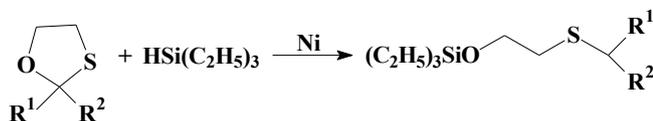


Схема 14.

При взаимодействии азотсодержащих гетероаналогов циклических ацеталей с триэтилсиланом основными продуктами являются 1-триэтилсилокси-(n+2)-(N,N-диалкиламино)алканы (схема 15) [28, 29].

Установлено [30], что гидросилилирование циклических аминокеталей и соответствующих производных фурфурола в присутствии металло-

комплексного катализатора бис(циклопентадиенил)цирконий дихлорида протекает в мягких условиях (70–80 °С) за 3–5 ч с выходом целевых триэтилсиланпроизводных 75–85%.

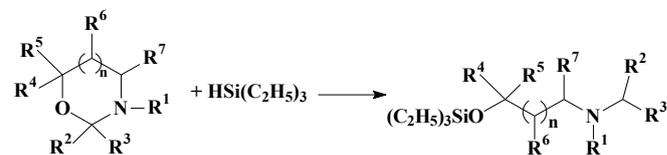


Схема 15.

В результате изучения реакций циклоалканов с металлоорганическими соединениями были найдены новые способы синтеза моноэфиров, гликолей и их аналогов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мамлиева А.В., Михайлова Н.Н., Латыпова Ф.Н. Из истории реакции Принса. Работы Д.Л. Рахманкулова. в области конденсации олефинов с формальдегидом. История и педагогика естествознания. 2018. № 1. С. 42–44.
2. Мамлиева А.В., Михайлова Н.Н., Латыпова Ф.Н., Злотский С.С. Этапы развития гомолитических реакций циклических ацеталей. НефтеГазХимия. 2019. № 1. С. 39–42. DOI: 10.24411/2310-8266-2019-10107.
3. Мамлиева А.В., Михайлова Н.Н., Шавшукова С.Ю., Латыпова Ф.Н., Злотский С.С. Вклад научной школы академика АН РБ Д.Л. Рахманкулова в химию гетеролитических превращений 1,3-диоксациклоалканов. История и педагогика естествознания. 2020. № 2. С. 45–49.
4. Михайлова Н.Н., Мамлиева А.В., Тептерева Г.А., Шавшукова С.Ю., Злотский С.С. Успехи и достижения научной школы академика АН Республики Башкортостан Д.Л. Рахманкулова в области прикладной и нефтепромышленной химии. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2021. Т. 11. № 1. С. 136–146. DOI: 10.21285/2227-2925-2021-11-1-136-146.
5. Михайлова Н.Н., Мамлиева А.В., Шавшукова С.Ю., Богомазова А.А., Злотский С.С. Превращения циклических ацеталей под действием карбенов различного строения. Нефтегазохимия. 2021. № 3–4. С. 21–26.
6. Михайлова Н.Н., Шавшукова С.Ю., Удалова Е.А., Шавшуков П.Е. Достижения научной школы профессора Д.Л. Рахманкулова в области химии циклических ацеталей. История науки и техники. 2021. № 7. С. 24–27. DOI: 10.25791/intstg.7.2021.1299.
7. Волков А.А., Кравец Э.Х., Злотский С.С., Рахманкулов Д.Л. Превращение 1,3-диоксациклоалканов под действием диэтилалюминийгидрида и триэтилалюминия. ЖПХ. 1985. Т. 58. № 7. С. 1547–1549.

REFERENCES

1. Mamlieva A.V., Mikhailova N.N., Latypova F.N. From the history of Prince's reaction. Works by D.L. Rakhmankulov. In the area of condensation of olefins with formaldehyde. History and Pedagogy of Natural Science. 2018. N 1. P. 42–44.
2. Mamlieva A.V., Mikhailova N.N., Latypova F.N., Zlotskii S.S. Stages of development of homolytic reactions of cyclic acetals. OilGasChemistry. 2019. N 1. P. 39–42.
3. Mamlieva A.V., Mikhailova N.N., Shavshukova S.Yu., Latypova F.N., Zlotskii S.S. The contribution of the scientific school of Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan D.L. Rakhmankulov in the chemistry of heterolytic transformations of 1,3-dioxacycloalkanes. History and Pedagogy of Natural Science. 2020. N 2. P. 45–49.
4. Mikhailova N.N., Mamlieva A.V., Teptereva G.A., Shavshukova S.Yu., Zlotskii S.S. Successes and achievements of the scientific school of Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan D.L. Rakhmankulov in the field of applied and oilfield chemistry. Izvestiya VUZov. Applied chemistry and biotechnology. 2021. V. 11. N 1. P. 136–146. DOI: 10.21285/2227-2925-2021-11-1-136-146.
5. Mikhailova N.N., Mamlieva A.V., Shavshukova S.Yu., Bogomazova A.A., Zlotskii S.S. Transformations of cyclic acetals under the action of carbenes of various structures. Oil-GasChemistry. 2021. N 3–4. P. 21–26.
6. Mikhailova N.N., Shavshukova S.Yu., Udalova E.A., Shavshukov P.E. Achievements of the scientific school of Professor D.L. Rakhmankulov in the field of chemistry of cyclic acetals. History of science and technology. 2021. N 7. P. 24–27. DOI: 10.25791/intstg.7.2021.1299.
7. Volkov A.A., Kravets E.Kh., Zlotskii S.S., Rakhmankulov D.L. Transformation of 1,3-dioxacycloalkanes under the action of diethylaluminum hydride and triethylaluminum. Journal of Applied Chemistry. 1985. V. 58. N 7. P. 1547–1549.

8. *Kiladze T.K., Melnitskiy I. A., Glukhova O.F., Kantor E.A., Rakhmankulov D.L., Paushkin Ya.M.* Расщепление ацеталей формальдегида алюминийорганическими соединениями. ДАН СССР. 1987. Т. 293. № 5. С. 1133–1137.
9. *Volkov A.A., Zlotskiy S.S., Kravets E.Kh., Rakhmankulov D.L.* Взаимодействие ацеталей и ортоэфиров с триизобутилалюминием. ЖОрХ. 1986. Т. 22. № 8. С. 1787–1789.
10. *Volkov A.A., Zlotskiy S.S., Kravets E.Kh., Rakhmankulov D.L.* Реакции несимметричных ортоэфиров с алюминийорганическими соединениями. Журнал ВХО им. Д.И. Менделеева. 1987. Т. 32. № 3. С. 345–346.
11. *Volkov A.A., Zlotskiy S.S., Kravets E.Kh., Rakhmankulov D.L.* Действие алюминийорганических соединений на ортоформаты. ЖОХ. 1986. Т. 56. № 12. С. 2711–2714.
12. *Volkov A.A., Zlotskiy S.S., Kravets E.Kh., Rakhmankulov D.L.* Синтез моноэфиров гликолей. ДАН СССР. 1985. Т. 283. № 5. С. 1194–1196.
13. *Volkov A.A., Zlotskiy S.S., Kravets E.Kh., Rakhmankulov D.L.* Относительная активность алюминийорганических соединений в реакциях с циклическими ацеталами. Известия вузов. Химия и хим. технология. 1987. Т. 30. № 6. С. 110–111.
14. *Gafarova Yu.T., Vostrikova O.S., Zlotskiy S.S., Dokichev V.A.* Катализируемое $ZrCl_4$ расщепление этиленацеталей алюминийорганическими соединениями. Известия Академии наук СССР. Отд. Химия. 1999. № 8. С. 1550–1556. DOI: 10.1007/BF02496406.
15. *Dekhtyar T.F., Vostrikova O.S., Zlotskiy S.S., Bogomazova A.A., Михайлова Н.Н.* Взаимодействие 2-монозамещенных 1,3-диоксоланов с алуминациклопентанами. Нефтехимия. 2019. Т. 59. № 6. Вып. 2. С. 825–830. DOI: 10.1134/S0028242119070074.
16. *Dekhtyar T.F., Vostrikova O.S., Zlotskiy S.S.* Региоселективное расщепление 2,2,4-триметил-1,3-диоксана 1-гептинилдиэтилалюминием. БХЖ. 2003. Т. 10. № 3. С. 28–29.
17. *Gafarova Yu.T., Dekhtyar E.F., Dekhtyar T.F., Fatykhov A.A., Spirikhin L.V., Vostrikova O.S., Zlotskiy S.S., Dokichev V.A., Спирихин Л.В., Вострикова О.С., Злотский С.С., Докичев В.А.* Взаимодействие триалкилаланов с циклическими ацеталами и ортоформатами в среде CH_2Cl_2 и $ClCH_2CH_2Cl$. Известия Академии наук. Серия химическая. 2003. № 4. С. 951–956. DOI: 10.1023/A:1024433300486.
18. *Dekhtyar T.F., Dekhtyar E.F., Vostrikova O.S., Gafarova Yu.T., Спирихин Л.В., Злотский С.С., Докичев В.А.* Взаимодействие 2-моно- и 2,2-дизамещенных 1,3-диоксоланов с 3-гексил-1-этилалюминациклопентаном. ЖОХ. 2004. Т. 74. № 6. С. 978–982. DOI: 10.1023/B:RUGC.0000042426.46426.1f.
19. *Gafarova Yu.T., Vostrikova O.S., Zlotskiy S.S., Dokichev V.A.* Необычное расщепление этиленацеталей диэтилалюминийхлоридом. ДАН СССР. 1999. Т. 368. № 2. С. 201.
20. *Gafarova Yu.T., Vostrikova O.S., Zlotskiy S.S., Dokichev V.A.* Расщепление 1,3-диоксациклованов алюминийорганическими соединениями. БХЖ. 2000. Т. 7. № 6. С. 3–6.
21. *Sunagatov M.F., Melnitskiy I.A., Kantor E.A.* Реакция циклических ацеталей с этилмагниййодидом в присутствии каталитических добавок. ЖОХ. 1997. Т. 67. Вып. 2. С. 288–290.
22. *Mironov I.V., Melnitskiy I.A., Siraeva I.N., Kiladze T.K., Kantor E.A., Rakhmankulov D.L.* Взаимодействие 4-R-1,3-диоксациклоалканов с триэтилсиланом. ЖОХ. 1982. Т. 52. № 10. С. 2284–2288.
23. *Mikhailova I.Yu., Melnitskiy I.A., Kiladze T.K., Kantor E.A.* Реакция 1,3-диоксациклоалканов с триметилпропенилсиланом. ЖОрХ. 1991. Т. 27. Вып. 4. С. 827–830.
8. *Kiladze T.K., Melnitskiy I.A., Glukhova O.F., Kantor E.A., Rakhmankulov D.L., Paushkin Ya.M.* Cleavage of formaldehyde acetals by organoaluminum compounds. Doklady chemistry. 1987. V. 293. N 5. P. 1133–1137.
9. *Volkov A.A., Zlotskiy S.S., Kravets E.Kh., Rakhmankulov D.L.* Interaction of acetals and orthoesters with triisobutylaluminum. Journal of Organic Chemistry. 1986. V. 22. N 8. P. 1787–1789.
10. *Volkov A.A., Zlotskiy S.S., Kravets E.Kh., Rakhmankulov D.L.* Reactions of unsymmetrical orthoesters with organoaluminum compounds. Journal of the All-Russian Chemical Society. DI. Mendeleev. 1987. V. 32. N 3. P. 345–346.
11. *Volkov A.A., Zlotskiy S.S., Kravets E.Kh., Rakhmankulov D.L.* Action of organoaluminum compounds on orthoformates. Journal of General Chemistry. 1986. V. 56. N 12. P. 2711–2714.
12. *Volkov A.A., Zlotskiy S.S., Kravets E.Kh., Rakhmankulov D.L.* Synthesis of glycol monoesters. Doklady chemistry. 1985. V. 283. N 5. P. 1194–1196.
13. *Volkov A.A., Zlotskiy S.S., Kravets E.Kh., Rakhmankulov D.L.* Relative activity of organoaluminum compounds in reactions with cyclic acetals. Proceedings of universities. Series chemistry and chemical technology. 1987. V. 30. N 6. P. 110–111.
14. *Gafarova Yu.T., Vostrikova O.S., Zlotskiy S.S., Dokichev V.A.* $ZrCl_4$ -catalyzed scission of ethylene acetals with organoaluminum compounds. Russian chemical bulletin. 1999. V 48. N 8. P. 1530–1532. DOI: 10.1007/BF02496406.
15. *Dekhtyar T.F., Vostrikova O.S., Zlotskiy S.S., Bogomazova A.A., Mikhailova N.N.* Interaction of 2-monosubstituted 1,3-dioxolanes with aluminacyclopentanes. Petroleum chemistry. 2019. V. 59. N 6. P. 650–655. DOI: 10.1134/S0965544119060082.
16. *Dekhtyar T.F., Vostrikova O.S., Zlotskiy S.S.* Regioselective cleavage of 2,2,4-trimethyl-1,3-dioxane with 1-heptynyldiethylaluminum. Bashkir Chemical Journal. 2003. V. 10. N 3. P. 28–29.
17. *Gafarova Yu.T., Dekhtyar E.F., Dekhtyar T.F., Fatykhov A.A., Spirikhin L.V., Vostrikova O.S., Zlotskiy S.S., Dokichev V.A.* Reactions of trialkylalanes with cyclic acetals and orthoformates in CH_2Cl_2 and $ClCH_2CH_2Cl$ as solvents. Russian chemical bulletin. 2003. V. 52. N 4. P. 1003–1008. DOI: 10.1023/A:1024433300486.
18. *Dekhtyar T.F., Dekhtyar E.F., Vostrikova O.S., Gafarova Yu.T., Spirikhin L.V., Zlotskiy S.S., Dokichev V.A.* Reaction of 2-mono- and 2,2-disubstituted 1,3-dioxolanes with 1-ethyl-3-hexylaluminacyclopentane. Russian journal of general chemistry. 2004. V. 74. N 6. P. 903–907. DOI: 10.1023/B:RUGC.0000042426.46426.1f.
19. *Gafarova Yu.T., Vostrikova O.S., Zlotskiy S.S., Dokichev V.A.* Unusual cleavage of ethylene acetals with diethylaluminum chloride. Doklady chemistry. 1999. V. 368. N 2. P. 201.
20. *Gafarova Yu.T., Vostrikova O.S., Zlotskiy S.S., Dokichev V.A.* Cleavage of 1,3-dioxacyclanes by organoaluminum compounds. Bashkir Chemical Journal. 2000. V. 7. N 6. P. 3–6.
21. *Sunagatov M.F., Melnitskiy I.A., Kantor E.A.* Reaction of cyclic acetals with ethylmagnesium iodide in the presence of catalytic additives. Russian journal of general chemistry. 1997. V. 67. N 2. P. 270–272.
22. *Mironov I.V., Melnitskiy I.A., Siraeva I.N., Kiladze T.K., Kantor E.A., Rakhmankulov D.L.* Interaction of 4-R-1,3-dioxacycloalkanes with triethylsilane. Russian journal of general chemistry. 1982. V. 52. N 10. P. 2284–2288.
23. *Mikhailova I.Yu., Melnitskiy I.A., Kiladze T.K., Kantor E.A.* Reaction of 1,3-dioxacycloalkanes with trimethylpropenylsilane. Journal of Organic Chemistry. 1991. V. 27. N 4. P. 827–830.

24. Миронов И.В., Мельницкий И.А., Сираева И.Н., Киладзе Т.К., Кантор Е.А., Рахманкулов Д.Л. Гидроксिलирование 4-фенил-1,3-диоксана. ЖПХ. 1982. Т. 55. № 11. С. 2538–2542.
25. Кирилюк Б.А., Мельницкий И.А., Голуб Н.М., Киладзе Т.К., Кантор Е.А., Рахманкулов Д.Л. Взаимодействие тиоацеталей с триэтилсиланом в присутствии кислот Льюиса и восстановленного никеля. ЖОрХ. 1987. № 9. С. 1981–1985.
26. Мельницкий И.А., Кирилюк Б.А., Киладзе Т.К., Кантор Е.А., Рахманкулов Д.Л., Чиракадзе Г.Г. Реакция тиолов и дитиоацеталей с триэтилсиланом. Известия Академии наук Грузинской ССР. Серия химическая. 1983. Т. 9. № 4. С. 268–273.
27. Киладзе Т.К., Мельницкий И.А., Кирилюк Б.А., Дворянчиков В.В., Кантор Е.А., Рахманкулов Д.Л. Расщепление 1,3-оксатиолонов диизобутилалюминийгидридом. ХГС. 1987. № 4. С. 563.
28. Хлебникова Т.Д., Мельницкий И.А., Киладзе Т.К., Кантор Е.А., Попов Ю.Н., Рахманкулов Д.Л. Взаимодействие азотсодержащих гетероаналогоацеталей с триэтилсиланом. ЖОрХ. 1990. Т. 26. Вып. 8. С. 1769–1775.
29. Киладзе Т.К., Гальцева Т.Д., Мельницкий И.А., Караханов Р.А., Кантор Е.А. Региоселективное расщепление 1,3-оксазациклопентанов на восстановительном никеле. ЖОрХ. 1985. Т. 21. № 7. С. 1584.
30. Хлебникова Т.Д., Покало Е.И., Кантор Е.А. Влияние природы катализатора на реакцию гидросиланолиза циклических аминацеталей. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2000. Т. 43. Вып. 4. С. 145–146.
24. Mironov I.V., Melnitsky I.A., Siraeva I.N., Kiladze T.K., Kantor E.A., Rakhmankulov D.L. Hydroxylylation of 4-phenyl-1,3-dioxane. Journal of applied chemistry. 1982. V. 55. N 11. P. 2538–2542.
25. Kirilyuk B.A., Melnitsky I.A., Golub N.M., Kiladze T.K., Kantor E.A., Rakhmankulov D.L. Reaction of thioacetals with triethylsilane in the presence of Lewis acids and reduced nickel. Journal of Organic Chemistry. 1987. N 9. P. 1981–1985.
26. Melnitsky I.A., Kirilyuk B.A., Kiladze T.K., Kantor E.A., Rakhmankulov D.L., Chirakadze G.G. Reaction of thiols and dithioacetals with triethylsilane. Proceedings of the Academy of Sciences of the Georgian USSR. Chemical series. 1983. V. 9. N 4. P. 268–273.
27. Kiladze T.K., Melnitsky I.A., Kirilyuk B.A., Dvoryanchikov V.V., Kantor E.A., Rakhmankulov D.L. Cleavage of 1,3-oxathiolanes with diisobutylaluminum hydride. Chemistry of heterocyclic compounds. 1987. V. 23. N 4. P. 471.
28. Khlebnikova T.D., Melnitsky I.A., Kiladze T.K., Kantor E.A., Popov Yu.N., Rakhmankulov D.L. Interaction of nitrogen-containing heteroanalogue acetals with triethylsilane. Journal of Organic Chemistry. 1990. V. 26. N 8. P. 1769–1775.
29. Kiladze T.K., Galtseva T.D., Melnitsky I.A., Karakhanov R.A., Kantor E.A. Regioselective cleavage of 1,3-oxazacyclopentanes on reducing nickel. Journal of Organic Chemistry. 1985. V. 21. N 7. P. 1584.
30. Khlebnikova T.D., Pokalo E.I., Kantor E.A. Influence of the nature of the catalyst on the reaction of hydrosilylation of cyclic aminoacetals. Известия ВУЗов. Proceedings of universities. Series chemistry and chemical technology. 2000. V. 43. N 4. P. 145–146.

Поступила в редакцию 07.09.2022
Принята к опубликованию 28.11.2022

Received 07.09.2022
Accepted 28.11.2022