

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 2,2'-БИПИРИДИНА С АЛЛИЛГАЛОГЕНИДАМИ

Е.В. Калита, Д.Г. Кум

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

При взаимодействии 2,2'-бипиридина с бромистым аллилом и хлористым металлиллом в ацетонитриле образуются бис-четвертичные соли: дибромид 1,1'-диаллил-2,2'-бипиридиния и дихлорид 1,1'-бис(2-металлил)-2,2'-бипиридиния. Дигалогениды при термическом разложении распадаются на 5-(пиридин-2-ил)-1,8а-дигидроиндолизин и 1,1',8а,8'а-тетрагидро-5,5'-бииндолизин. При действии на дибромид 1,1'-диаллил-2,2'-бипиридиния водным раствором щелочи образуется 1,1'-диаллил-6'-гидрокси-1',6'-дигидро-[2,2'-бипиридин]-6(1H)-он.

Ключевые слова: 2,2'-бипиридин, аллилбромид, металлилхлорид, алкилирование, бис-четвертичные соли, дибромид 1,1'-диаллил-2,2'-бипиридиния, дихлорид 1,1'-бис(2-металлил)-2,2'-бипиридиния, 1,1'-диаллил-6'-гидрокси-1',6'-дигидро-[2,2'-бипиридин]-6(1H)-он, кватернизация, масс-спектрометрия, фрагментация.

Введение

Производные пиридина присутствуют в живых системах, и в качестве лекарственных средств используются для лечения самых разнообразных болезней [1–4]. Они применяются как препараты, значительно улучшающие работоспособность организма [1, 2], способных бороться с ВИЧ [3] и онкологией [4]. Различные бипиридины проявляют противовоспалительную активность [5].

В литературе описаны алкилирование 2,2'-бипиридина (**1**) галогеналканами [6–18]. Как правило, в результате реакции образуются продукты монокватернизации [7–16] и только в случае иодметана при проведении реакции при нагревании образуется бисчетвертичная соль [17, 18]. В то же время в литературе практически отсутствуют данные о кватернизации 2,2'-бипиридина аллилгалогенидами. Целью данной работы является синтез бисчетвертичных солей 2,2'-бипиридина и исследование их методами масс-спектрометрии [19, 20] и ЯМР ¹H.

Обсуждение результатов

В настоящей работе нами впервые изучено взаимодействие 2,2'-бипиридина с 3-бромпропеном (**2a**) и 3-хлор-2-метилпропеном (**2b**) в ацетонитриле. Найдено, что происходит кватернизация по двум атомам азота с образованием дибромид 1,1'-диаллил-2,2'-бипиридиния (**3a**) и дихлорида 1,1'-бис(2-металлил)-[2,2'-бипиридиния] соответственно (**3b**) (Схема 1).

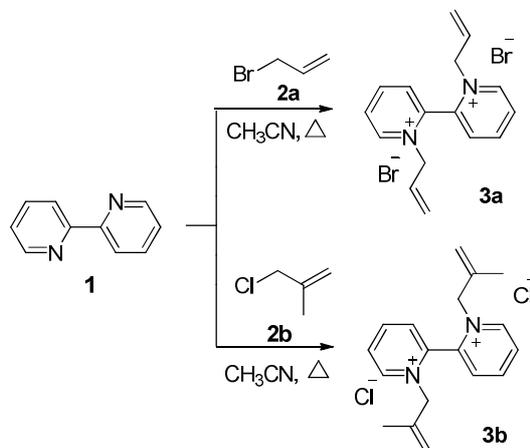


Схема 1. Алкилирование 2,2'-дипиридина

Строение соединения **3a** доказано методом ЯМР ^1H . Протоны двух пиридиновых колец и двух аллильных групп являются эквивалентными и в спектре ЯМР ^1H дают только один набор сигналов. Так, в спектре ЯМР ^1H бромида **3a** протоны пиридиновых колец образуют три группы сигналов в области 8,51–9,41 м.д., а протоны аллильных групп – сигналы в области 5,06–6,03 м.д.

Бромид **3a** и хлорид **3b** были исследованы методом масс-спектрометрии путем прямого ввода образца в масс-спектрометр. В условиях регистрации масс-спектров температура ионного источника достигает $350\text{ }^\circ\text{C}$, в результате чего происходит термическое разложение солей **3a,b**.

Нами обнаружено, что бромид **3a** разлагается на два соединения с $M = 196$ (рис. 1) и $M = 236$ (рис. 2).

На наш взгляд, соединение с $M = 196$ является 5-(пиридин-2-ил)-1,8a-дигидроиндолизином (**5a**), который образуется по следующей схеме (схема 2). Вначале происходит монодекватернизация бромида **3a** с образованием монобромида 1-аллил-[2,2'-дипиридиния] **4a**, затем элиминирование бромоводорода с образованием цвиттер-иона и его циклизация с образованием индолизина **5a**.

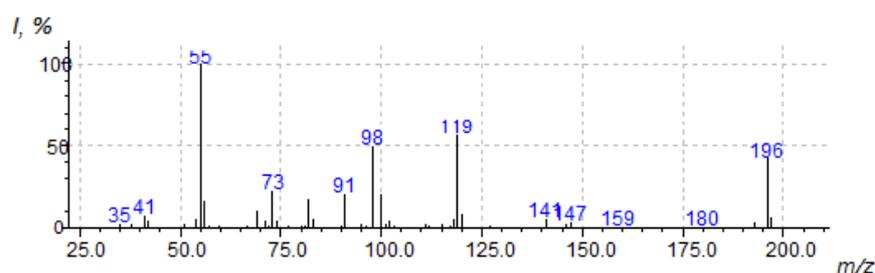


Рис. 1. Масс-спектр 5-(пиридин-2-ил)-1,8a-дигидроиндолизина

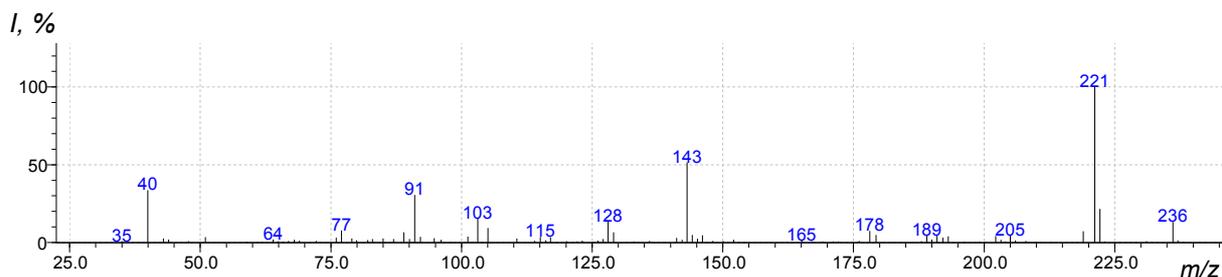


Рис. 2. Масс-спектр 1,1',8a,8'a-тетрагидро-5,5'-бииндолизина

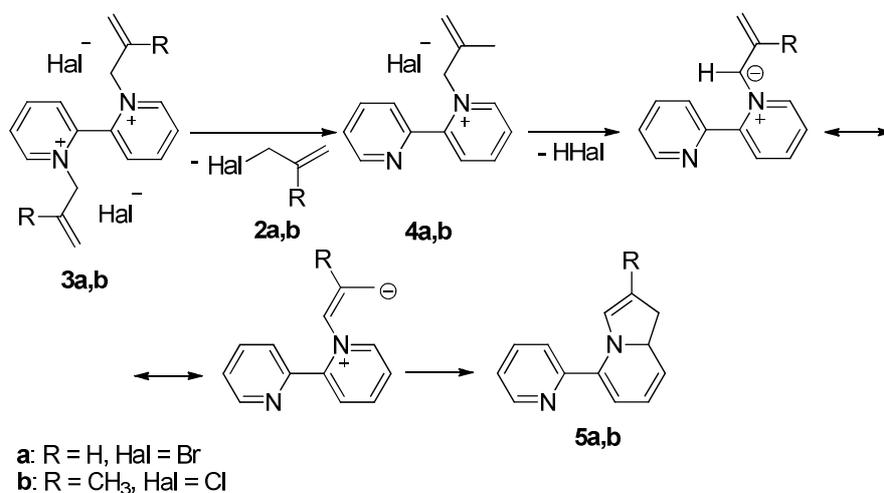


Схема 2. Монодекватернизация дибромида 1,1'-диаллил-2,2'-бипиридиния и дихлорида 1,1'-бис(2-металлил)-2,2'-бипиридиния

В масс-спектре индолизина **5a** (см. рис. 1) имеется пик с m/z 119 с интенсивностью 63%, который соответствует образованию катион-радикала 1,8a-дигидроиндолизина. Максимальным является пик с m/z 55, соответствующий образованию катион-радикала 1-имино-2-пропена (схема 3).

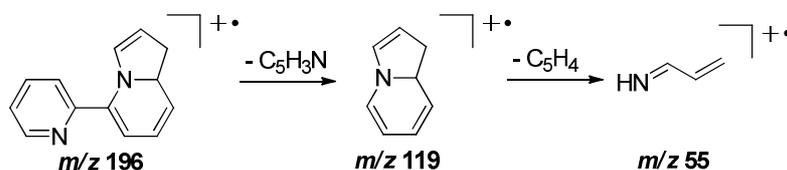


Схема 3. Фрагментация 5-(пиридин-2-ил)-1,8a-дигидроиндолизина

Соединение с $M = 236$ является, на наш взгляд, 1,1',8a,8'a-тетрагидро-5,5'-бииндолизином (**6a**), который образуется по схеме 4.

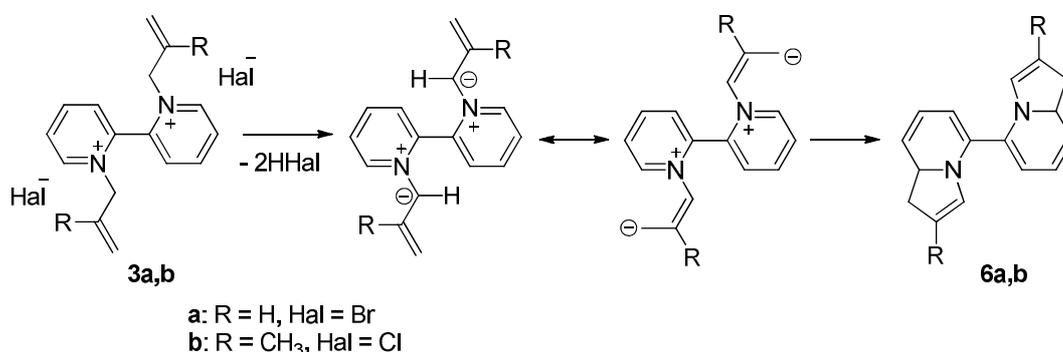


Схема 4. Образование 1,1',8a,8'a-тетрагидро-5,5'-бииндолизина и 2,2'-диметил-1,1',8a,8'a-тетрагидро-5,5'-бииндолизина

По-видимому, от бромида **3a** происходит элиминирование двух молекул бромоводорода и образование 1,1',8a,8'a-тетрагидро-5,5'-бииндолизина **6a** (схема 4) с $M = 236$.

В масс-спектре бииндолизина **6a** максимальным является пик с m/z 221, соответствующий элиминированию метильного радикала и образованию катиона 2-(1,8a-дигидроиндолизин-5-ил)-азето[1,2-a]пиридиния (схема 5).

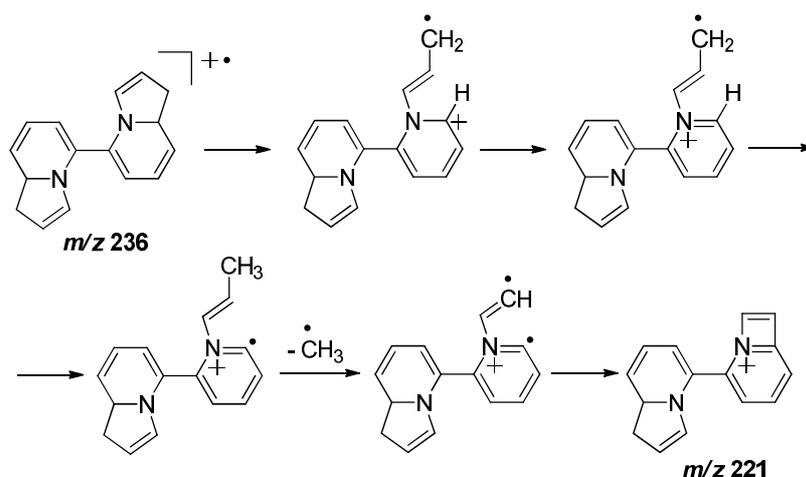


Схема 5. Фрагментация 1,1',8a,8'a-тетрагидро-5,5'-бииндолизина

По аналогичной схеме происходит разложение хлорида **3b** (схемы 2 и 4). Методом МС установлено, что образуются два соединения с $M = 210$ (рис. 3) и $M = 264$ (рис. 4).

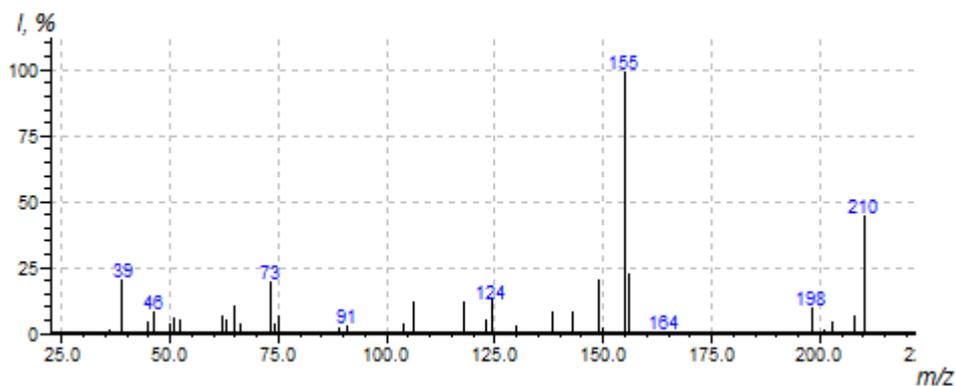


Рис. 3. Масс-спектр 2-метил-5-(пиридин-2-ил)-1,8а-дигидроиндолизина

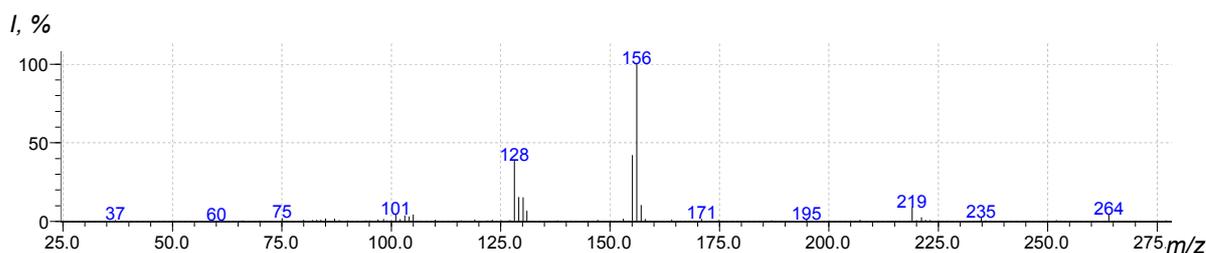


Рис. 4. Масс-спектр 2,2'-диметил-1,1',8а,8'а-тетрагидро-5,5'-бииндолизина

На примере бромида **3a** нами изучено его взаимодействие с водным раствором NaOH. Продукты реакции были исследованы методом МС.

В реакционной смеси нами обнаружен продукт с $M = 270$ (рис. 5), который соответствует соединению 1,1'-диаллил-6'-гидрокси-1',6'-дигидро-[2,2'-бипиридин]-6(1H)-ону (**7**).

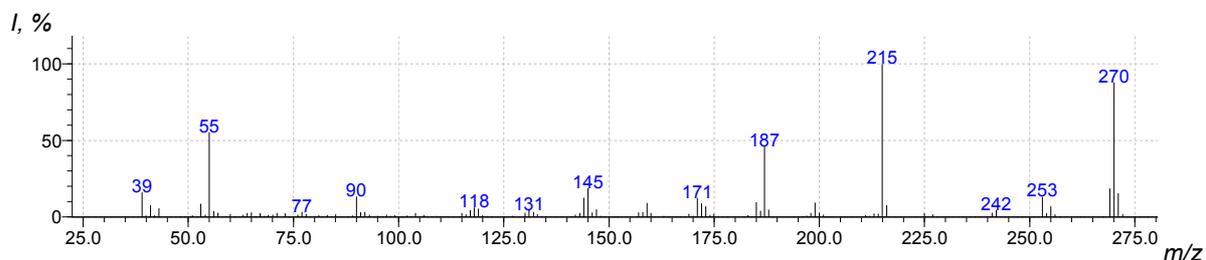


Рис. 5. Масс-спектр 1,1'-диаллил-6'-гидрокси-1',6'-дигидро-[2,2'-бипиридин]-6(1H)-она

По-видимому, он образуется по следующей схеме: изначально образуется псевдооснование – 1,1'-диаллил-1,1',6,6'-тетрагидро-[2,2'-бипиридин]-6,6'-диол, который частично окисляется до кетона **7** (схема 6).

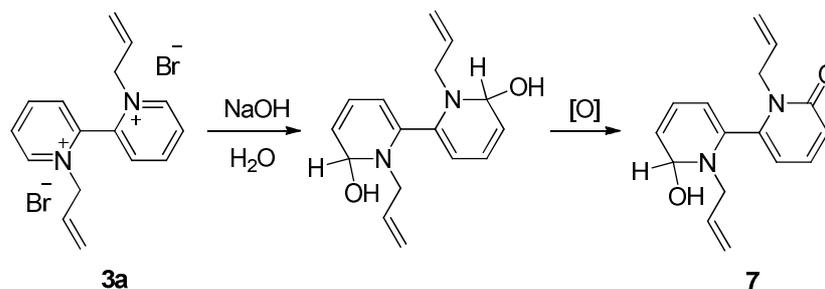


Схема 6. Щелочной гидролиз дибромида 1,1'-диаллил-2,2'-бипиридиния

В масс-спектре соединения **7** имеется интенсивный пик (85 %) молекулярного иона с m/z 270. Максимальным является пик с m/z 215, соответствующий элиминированию проп-2-ен-1-имину и образованию катион-радикала 1-аллил-6-(5-гидроксициклопента-1,3-диен-1-ил)-2-пиридона. Пик с m/z 253 соответствует катиону 1,1'-диаллил-6-гидрокси-6'-оксо-1',6'-дигидро-2,2'-бипиридиния (схема 7).

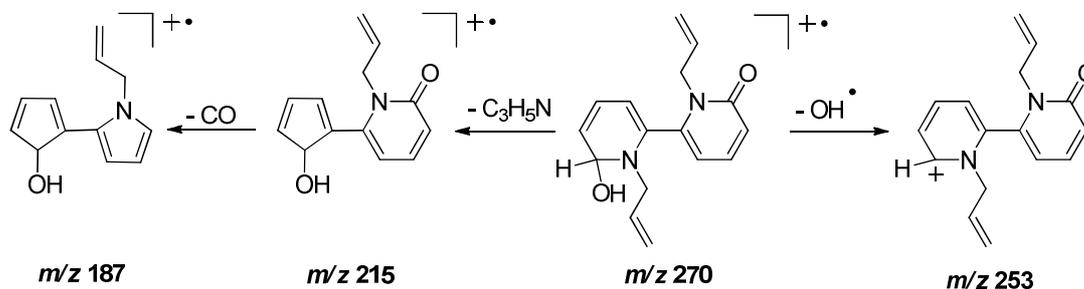


Схема 7. Фрагментация 1,1'-диаллил-6'-гидрокси-1',6'-дигидро-[2,2'-бипиридин]-6(1H)-она

Экспериментальная часть

Масс-спектры сняты на газовом хромато-масс-спектрометре GCMS-QP2010 Ultra фирмы Shimadzu (ЭУ, 70 эВ). Спектр ЯМР ^1H записан на приборе Bruker DRX-400 (400 МГц), внутренний стандарт ТМС, растворитель ДМСО-*d*₆. Температуры плавления определены на приборе для определения температуры плавления ПТП (М).

Общая методика синтеза соединений **3a,b**

К 1,56 г (10 ммоль) 2,2'-бипиридина в 4 мл ацетонитрила добавили 15 ммоль бромистого аллила/хлористого металлила и нагревали смесь с обратным холодильником в течение 16 часов. При охлаждении смеси до комнатной температуры выпадают кристаллы, которые отфильтровывают промывают ацетонитрилом трижды по 3 мл.

Дибромид 1,1'-диаллил-2,2'-бипиридиния (3a). Бесцветные кристаллы. Выход 83%. Т. пл. 199–200 °С. Спектр ЯМР ^1H (400 МГц, ДМСО-*d*₆, м.д., $J/\text{Гц}$): 5,08 (2H, дд, $J = 15,39$ Гц; $J = 5,71$ Гц, =CH₂); 5,25–5,16 (4H, м, NCH₂); 5,38 (2H, дд, $J = 10,32$ Гц; $J = 0,77$ Гц, =CH₂); 6,02 (2H, тдд, $J = 16,76$ Гц; $J = 10,39$ Гц; $J = 6,15$ Гц, CH=); 8,53 (4H, дд, $J = 12,17$ Гц; $J = 4,49$ Гц, H-5, H-3); 8,92 (2H, дт, $J = 7,86$ Гц; $J = 1,18$ Гц, H-4); 9,40 (2H, д, $J = 5,74$ Гц, H-6).

Дихлорид 1,1'-бис(2-металлил)-2,2'-бипиридиния (3b). Желтые кристаллы. Выход 40 %. Т. пл. 176 °С.

1,1'-Диаллил-6'-гидрокси-1',6'-дигидро-[2,2'-бипиридин]-6(1H)-он (7). К раствору 0,398 г (1 ммоль) дибромид 1,1'-диаллил-2,2'-бипиридиния в 2 мл H₂O добавили раствор 0,04 г (2 моль) NaOH в 2 мл H₂O. Оставили реакционную смесь на сутки при комнатной температуре. Смесь экстрагировали CH₂Cl₂ трижды по 2 мл, раствор упарили. Остаток – светло-желтое масло, которое исследовали методом МС.

Выводы

Показано, что взаимодействие 2,2'-бипиридина с бромистым аллилом или хлористым металлилом в ацетонитриле при нагревании протекает с образованием бис-четвертичных солей дибромид 1,1'-диаллил-2,2'-бипиридиния и дихлорида 1,1'-бис(2-металлил)-2,2'-бипиридиния. Дибромид **3a** при термическом разложении распадается на два соединения: 5-(пиридин-2-ил)-1,8-дигидроиндолизин и 1,1',8a,8'a-тетрагидро-5,5'-бииндолизин. При действии на дибромид 1,1'-диаллил-2,2'-бипиридиния щелочью образуется кетон - 1,1'-диаллил-6'-гидрокси-1',6'-дигидро-[2,2'-бипиридин]-6(1H)-он, что подтверждено методом ХМС.

Статья выполнена при финансовой поддержке Правительства РФ (Постановление № 211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.А03.21.0011 и в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России (номер государственной регистрации 4.9665.2017/8.9).

Литература

1. Bodor, N. Drugs of the future / N. Bodor // *Pharmazie*. – 1981. – V. 6. – P. 165–183.
2. Способ получения 3-гидрокси-2,4,6-триметилпиридина – активного вещества для получения нитросукцината 3-гидрокси-2,4,6-триметилпиридина – перспективного противоопухолевого средства / Р.З. Гильманов, И.Ф. Фаляхов, Е.С. Петров, Ю.В. Филиппов, Б.С. Федоров // *Вестник КТУ*. – 2012. – № 1 (15). – С. 82–84.
3. Лукевиц, Э. Производные пиридина в арсенале лекарственных средств / Э. Лукевиц // *Х.Г.С.* – 1995. – № 6. – С. 723–734.
4. Заявка 2005119520 Российская Федерация, С07Д213/65. Ингибиторы метастазов и средства повышающие химиотерапевтическую активность противоопухолевых препаратов (Россия) / Б.С. Федоров, М.А. Фадеев, Н.П. Коновалова, С.М. Алдошин, А.Е. Сашенкова; опубл. 24.06.2005.
5. Оценка биологической активности функционализированных пиридинов и дипиридинов как потенциальных компонентов кариеспротекторных агентов / О.В. Продан, В.Ю. Анисимов, В.Е. Кузьмин, В.О. Гельмбольдт // *Одесский медицинский журнал*. – 2015. – № 3 (149). – С. 25–29.
6. Пожарский, А.Ф. Теоретические основы химии гетероциклов / А.Ф. Пожарский. – М.: Химия, 1985. – 279 с.
7. Synthesis of new pyrrole–pyridine-based ligands using an in situ Suzuki coupling method // M. Boettger, B. Wiegmann, S. Schaumburg, P.G. Jones, W. Kowalsky, H.-H. Johannes // *Beilstein Journal of Organic Chemistry*. – 2012. – V. 8. – P. 1037–1047. DOI:10.3762/bjoc.8.116.
8. HPLC Analysis of Aliphatic Sulfonate Surfactants using Ion-Pair Detection / M. Zahrobsky, D. Camporese, O. Rist, H.J. Carlsen // *Molecules*. – 2005. – V. 10, № 9. – P. 1179–1189. DOI: 10.3390/10091179.
9. Tabushi, I. N-alkyl-4,4'-Bipyridyl. A new efficient electron carrier in the photochemical hydrogen producing system / I. Tabushi, A. Yazaki // *Tetrahedron*. – 1981. – V. 37, № 24. – P. 4185–4188. DOI: 10.1016/0040-4020(81)85009-0.
10. Plaquevent, J.C. Alkylation reduction of ketones with aromatic properties / J.C. Plaquevent, I. Chichaoui // *Bulletin de la Societe Chimique de France*. – 1996. – V. 133, № 4. – P. 369–379.
11. Westheimer, F.H. The Quantitative Evaluation of the Effect of Hydrogen Bonding on the Strength of Dibasic Acids / F.H. Westheimer, O.T. Benfey // *J. Am. Chem. Soc.* – 1956. – V. 78, № 20. – P. 5309–5311. DOI: 10.1021/ja01601a042.
12. Koizumi, T.A. Synthesis and electrochemical properties of bis(bipyridine)ruthenium(II) complexes bearing pyridinyl- and pyridinylidene ligands induced by cyclometalation of N'-methylated bipyridinium analogs / T.A. Koizumi, T. Tomon, K. Tanaka // *Journal of Organometallic Chemistry*. – 2005. – V. 690, № 5. – P. 1258–1264. DOI:10.1016/j.jorganchem.2004.11.032.
13. Zamocka, J. Synthesis, physicochemical and antimicrobial properties of 1-alkyl-2-(2-pyridyl)pyridinium bromides / J. Zamocka, I. Lacko, F. Devinsky // *Pharmazie*. – 1994. – V. 49, № 1. – P. 66–67.
14. Physico-chemical properties and spectrophotometric determination of biologically active 1-alkyl-2-(2-pyridyl)pyridinium bromides / L. Novotny, A. Vachalkova, M. Blesova, B.J. Denny, D. Sharma, Z. Ovesna, J. Zamocka // *Pharmazie*. – 2003. – V. 58. – P. 320–324.
15. Antimicrobial Activity of a Series of 1-Alkyl-2-(4-Pyridyl)Pyridinium Bromides against Gram-Positive and Gram-Negative Bacteria / B.J. Denny, L. Novotny, P.W.J. West, M. Blesova, J. Zamocka // *Med. Princ. Pract.* – 2005. – V. 14. – P. 377–381. DOI: 10.1159/000088108.
16. Xiao, J.-C. Bipyridinium Ionic Liquid-Promoted Cross-Coupling Reactions between Perfluoroalkyl or Pentafluorophenyl Halides and Aryl Iodides / J.-C. Xiao, C. Ye, J.M. Shreeve // *Organic Letters*. – 2005. – V. 7, № 10. – P. 1963–1965. DOI: 10.1021/ol050426o.
17. Regioselective Functionalization of 2,2'-Bipyridine and Transformations into Unsymmetric Ligands for Coordination Chemistry / T. Norrby, A. Boerje, L. Zhang, B. Akermark // *Acta Chemica Scandinavica*. – 1998. – V. 52, № 1. – P. 77–85. DOI: 10.3891/acta.chem.scand.52-0077.
18. Cyclometalated Ir(III) complexes of deprotonated N-methylbipyridinium ligands: effects of quaternised N centre position on luminescence / B.J. Coe, M. Helliwell, J. Raftery, S. Sánchez, M.K. Peers, N.S. Scrutton // *Dalton Transactions*. – 2015. – V. 44, № 47. – P. 20392–20405. DOI:10.1039/C5DT03753K.

19. Вульфсон, Н.С. Масс-спектрометрия органических соединений / Н.С. Вульфсон, В.Т. Залкин, А.И. Микая. – М.: Химия, 1986. – 312 с.

20. Лебедев, А.Т. Масс-спектрометрия в органической химии / А.Т. Лебедев. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 493 с.

Калита Елена Владимировна – студент, инженер кафедры теоретической и прикладной химии, химический факультет, институт естественных и точных наук, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76. E-mail: berdnik_lena@mail.ru

Ким Дмитрий Гымнанович – доктор химических наук, профессор, кафедра теоретической и прикладной химии, химический факультет, институт естественных и точных наук, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76. E-mail: kim_dg48@mail.ru

Поступила в редакцию 5 декабря 2017 г.

DOI: 10.14529/chem180102

INTERACTION OF 2,2'-BIPYRIDINE WITH ALLYL HALIDES

E.V. Kalita, berdnik_lena@mail.ru

D.G. Kim, kim_dg48@mail.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

In the reaction of 2,2'-bipyridine with allyl bromide and methallyl chloride in acetonitrile, bis-quaternary salts are formed: 1,1'-diallyl-2,2'-bipyridinium dibromide and 1,1'-bis(2-methallyl)-2,2'-bipyridinium dichloride. Thermal decomposition of dihalides leads to 5-(pyridin-2-yl)-1,8a-dihydroindolizine and 1,1',8a,8'a-tetrahydro-5,5'-biindolizine. During the alkaline hydrolysis of 1,1'-diallyl-2,2'-bipyridinium dibromide 1,1'-diallyl-6'-hydroxy-1',6'-dihydro-[2,2'-bipyridine]-6(1H)-one is formed.

Keywords: 2,2'-bipyridine, allyl bromide, methallyl chloride, alkylation, bis-quaternary salts, 1,1'-diallyl-2,2'-bipyridinium dibromide, 1,1'-bis(2-methallyl)-2,2'-bipyridinium dichloride, 1,1'-diallyl-6'-hydroxy-1',6'-dihydro-[2,2'-bipyridine]-6(1H)-one, quaternization, mass spectrometry, fragmentation.

References

1. Bodor N. Drugs of the future, *Pharmazie*. 1981, vol. 6, pp. 165–183.
2. Gilmanov R.Z., Falyakhov I.F., Petrov E.S., Filippov Yu.V., Fedorov B.S. [Method for the Preparation of 3-Hydroxy-2,4,6-trimethylpyridine - an Active Substance for the Preparation of 3-Hydroxy-2,4,6-trimethylpyridine Nitrosuccinate - a Promising Anti-Ischemic Agent]. *Vestnik KTU*, 2012, no. 1 (15), pp. 82–84. (in Russ.)
3. Lukevits E. [Pyridine Derivatives in the Arsenal of Medicines]. *Khim. Geterotsikl. Soedin.*, 1995, no. 6, pp. 723–734. (in Russ.)
4. Fedorov B.S., Fadeev M.A., Konovalova N.P., Aldoshin S.M., Sashenkova A.E. *Ingibitory metastazov i sredstva povyshayushchie himioterapevticheskuyu aktivnost protivopuholevykh preparatov* [Metastasis Inhibitors and Agents that Increase the Chemotherapeutic Activity of Antitumor Drugs]. Patent RF, no. 2005119520, C07D213/65; publ. 24.06.2005.
5. Sold O.V., Anisimov V.Yu., Kuzmin V.E., Helmboldt V.O. [Evaluation of the Biological Activity of Functionalized Pyridines and Dipyridines as Potential Components of Caries Protective]. *Odessa Medical Journal*, 2015, no. 3 (149), pp. 25–29. (in Russ.)
6. Pozharskij A.F. *Teoreticheskie osnovy himii geterociklov* [Theoretical Foundations of the Chemistry of Heterocycles]. Moscow, Chemistry, 1985. 279 p.

7. Boettger M., Wiegmann B., Schaumburg S., Jones P.G., Kowalsky W., Johannes H.-H. [Synthesis of New Pyrrole-Pyridine-Based Ligands Using an in Situ Suzuki Coupling Method]. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 2012, vol. 8, pp. 1037–1047. DOI: 10.3762/bjoc.8.116.
8. Zahrobsky M., Camporese D., Rist O., Carlsen H.J. HPLC Analysis of Aliphatic Sulfonate Surfactants Using Ion-Pair Detection. *Molecules*, 2005, vol. 10, no 9, pp. 1179–1189. DOI: 10.3390/10091179.
9. Tabushi I., Yazaki A. N-alkyl-4,4'-Bipyridyl. A New Efficient Electron Carrier in the Photochemical Hydrogen Producing System. *Tetrahedron*, 1981, vol. 37, no. 24, pp. 4185–4188. DOI: 10.1016/0040-4020(81)85009-0.
10. Plaquevent J.C., Chichaoui I. Alkylation Reduction of Ketones with Aromatic Properties. *Bulletin de la Societe Chimique de France*, 1996, vol. 133, no. 4, pp. 369–379.
11. Westheimer F.H., Benfey O.T. The Quantitative Evaluation of the Effect of Hydrogen Bonding on the Strength of Dibasic Acids. *J. Am. Chem. Soc.*, 1956, vol. 78, no. 20, pp. 5309–5311. DOI: 10.1021/ja01601a042.
12. Koizumi T.A., Tomon T., Tanaka K. Synthesis and Electrochemical Properties of Bis(bipyridine)ruthenium(II) Complexes Bearing Pyridinyl- and Pyridinylidene Ligands Induced by Cyclometalation of N'-Methylated Bipyridinium Analogs. *Journal of Organometallic Chemistry*, 2005, vol. 690, no. 5, pp. 1258–1264. DOI:10.1016/j.jorganchem.2004.11.032.
13. Zamocka J., Lacko I., Devinsky F. Synthesis, Physicochemical and Antimicrobial Properties of 1-Alkyl-2-(2-pyridyl)pyridinium Bromides. *Pharmazie*, 1994, vol. 49, no. 1, pp. 66–67.
14. Novotny L., Vachalkova A., Blesova M., Denny B.J., Sharma D., Ovesna Z., Zamocka J. Physico-Chemical Properties and Spectrophotometric Determination of Biologically Active 1-Alkyl-2-(2-pyridyl)pyridinium Bromides. *Pharmazie*, 2003, vol. 58, pp. 320–324.
15. Denny B.J., Novotny L., West P.W.J., Blesova M., Zamocka J. Antimicrobial Activity of a Series of 1-Alkyl-2-(4-Pyridyl) Pyridinium Bromides Against Gram-Positive and Gram-Negative Bacteria. *Med. Princ. Pract.*, 2005, vol. 14, pp. 377–381. DOI: 10.1159 / 000088108.
16. Xiao, J.-C., Ye C., Shreeve J.M. Bipyridinium Ionic Liquid-Promoted Cross-Coupling Reactions between Perfluoroalkyl or Pentafluorophenyl Halides and Aryl Iodides. *Organic Letters*, 2005, vol. 7, no. 10, pp. 1963–1965. DOI: 10.1021/ol050426o.
17. Norrby T., Boerje A., Zhang L., Akermark B. Regioselective Functionalization of 2,2'-Bipyridine and Transformations into Unsymmetric Ligands for Coordination Chemistry. *Acta Chemica Scandinavica*, 1998, vol. 52, no. 1, pp. 77–85. DOI: 10.3891/acta.chem.scand.52-0077.
18. Coe B.J., Helliwell M., Raftery J., Sánchez S., Peers M.K., Scrutton N.S. Cyclometalated Ir(III) Complexes of Deprotonated N-Methylbipyridinium Ligands: Effects of Quaternised N Centre Position on Luminescence. *Dalton Transactions*, 2015, vol. 44, no. 47, pp. 20392–20405. DOI: 10.1039/C5DT03753K.
19. Vul'fson N.S., Zaikin V.T., Mikaia A.I. *Mass-spektrometriya organicheskikh soedineniy* [Mass-Spectrometry of Organic Compounds]. Moscow: Chemistry, 1986. 312 p.
20. Lebedev A.T. *Mass-spektrometriya v organicheskoy khimii* [Mass Spectrometry in Organic Chemistry]. Laboratory of knowledge. Moscow, Bimon, 2003, 493 p.

Received 5 December 2017

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Калита, Е.В. Взаимодействие 2,2'-бипиридина с аллилгалогенидами / Е.В. Калита, Д.Г. Ким // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2018. – Т. 10, № 1. – С. 17–24. DOI: 10.14529/chem180102

FOR CITATION

Kalita E.V., Kim D.G. Interaction of 2,2'-Bipyridine with Allyl Halides. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*. 2018, vol. 10, no. 1, pp. 17–24. (in Russ.). DOI: 10.14529/chem180102