

Синтез и свойства первых представителей гидроксизамещенных азакраунофанов и криптанда, включающих фрагменты 2,7-дигидроксифлуоренона

А. В. Лобач, И. С. Яковенко, Т. И. Кириченко[@]

Физико-химический институт имени А.В. Богатского Национальной академии наук Украины, 65080 Одесса, Украина

[@]E-mail: ti-kirichenko@rambler.ru

Конденсацией диглицидных эфиров 2,7-дигидрокси-, 2,7-бис(2-гидроксиэтоксид)- и 2,7-бис[2-(2-гидроксиэтоксид)этоксид]флуоренонов с бензиламином в смеси этанола с ТГФ (1:1) или в этаноле в условиях высокого разбавления с выходом 15–35 % получены первые представители дигидроксифлуореноноазакраунофанов и тетрагидроксибис(флуореноно)дизакраунофанов, являющихся продуктами циклизации по схеме [1+1] и [2+2]. Аналогичная конденсация 2,7-бис[2-(2-гидроксиэтоксид)этоксид]флуоренона с диаза-18-краун-6 в этаноле приводит к дигидроксифлуоренонокриптанду с выходом 28 %. Полученные соединения выделены в виде смесей D,L- и мезо-диастереомеров состава 1:1 и 1:2:1.

Ключевые слова: Диглицидный эфир, гидроксифлуореноноазакраунофан, гидроксифлуоренонокриптант.

The Synthesis and Properties of the First Representatives of Hydroxy Substituted Azacrownophanes and Cryptand with 2,7-Dihydroxyfluorenone Fragments

Alexander V. Lobach, Irene S. Yakovenko, and Tatyana I. Kirichenko[@]

A.V. Bogatskiy Physico-Chemical Institute, National Academy of Sciences of Ukraine, 65080 Odessa, Ukraine

[@]Corresponding author E-mail: ti-kirichenko@rambler.ru

The condensation of diglycidyl ethers of 2,7-dihydroxy-, 2,7-bis(2-hydroxyethoxy)- and 2,7-bis[2-(2-hydroxyethoxy)ethoxy]fluorenones with benzylamine in EtOH or EtOH:THF (1:1) under high dilution conditions has led to the first representatives of dihydroxyfluorenono-azacrownophanes and tetrahydroxybis(fluorenone)diazacrownophanes. These compounds are the products of [1+1] or [2+2] cyclization in 15–35 % yields. Similar condensation of 2,7-bis[2-(2-hydroxyethoxy)ethoxy]fluorenone with diaza-18-crown-6 in ethanol dihydroxyfluorenonocryptand led to 28 % yield. The resulting compounds were isolated as mixtures of D,L- and meso-diastereoisomers in 1:1 and 1:2:1 ratios.

Keywords: Diglycidyl ether, hydroxyfluorenonoazacrownophane, hydroxyfluorenonocryptand.

Введение

В последние годы возрастает интерес к конструированию, синтезу и применению различных макроциклических рецепторов, способных селективно распознавать ионы металлов, анионы и нейтральные молекулы. К настоящему времени получено большое количество макроциклов, отличающихся размером и формой внутримолекулярной полости, а также составом и структурой образующих ее компонентов. Это открывает широкие возможности их практического применения от катализа к транспорту, от сенсоров или устройств к молекулярным машинам или фармакологии.^[1-6]

В предыдущем сообщении мы описали методы синтеза и свойства первых флуореноноазакраунофанов и флуоренонокриптана, представляющих интерес в качестве довольно простых и высокоорганизованных рецепторов, способных осуществлять селективное распознавание ионов, молекул и молекулярных фрагментов.^[7] Присутствие больших ароматических блоков и полярных групп увеличивает устойчивость их комплексов с электронодефицитными органическими субстратами.^[8-13] Введение гидроксильных групп в молекулу краунофана или криптана открывает широкие возможности для дальнейших структурных модификаций этих соединений, иммобилизации их на нерастворимые носители и создания полимерных материалов.

Удобным способом получения аминоспиртов считается взаимодействие эпоксидных соединений с аминами в присутствии ионных или донорно-акцепторных катализаторов. В зависимости от природы катализатора можно добиться преимущественного аминирования α - или β -углеродного атома оксиранового цикла.^[14]

Ранее был предложен новый подход к синтезу гидроксилсодержащих криптанов из алкоксиэпоксидов и диазакраун-эфиров в отсутствие темплатных агентов при электрофильном содействии спиртов. Этот подход получил название принципа внутрикомплексной макроциклизации, который основан на предположении, что циклизации может способствовать образование квазициклического ассоциата исходных соединений с последующей внутрикомплексной реакцией между ними. При этом образовывались исключительно продукты присоединения по α -углеродному атому эпоксида, что характерно для α -окисей, содержащих электроноакцепторные заместители.^[15]

В настоящем сообщении мы обсуждаем синтез и свойства первых представителей гидроксилсодержащих азакраунофанов и криптана, полученных взаимодействием диглицидных эфиров, включающих фрагменты 2,7-дигидрокси-9H-флуорен-9-она, с бензиламином и диаза-18-краун-6.

Экспериментальная часть

Температуры плавления измерены в открытых капиллярах и не исправлены. Элементный анализ проводили на CHNS анализаторе EuroVector EA3000. БА-масс-спектры регистрировали на масс-спектрометре VG 7070EQ (Xe, 8 кВ) в матрице 3-нитробензилового спирта. ЭСП записывали на спектрофотометре

Specord M-40. Спектры ¹H ЯМР растворов веществ в CDCl₃ и DMSO-d₆ регистрировали на приборе Varian VXR-300 с рабочей частотой 300 МГц, внутренний стандарт – ТМС. Чистоту всех синтетированных веществ контролировали методами ВЭЖХ на хроматографе Shimadzu LC-8A при комнатной температуре, детектор фотодиодный SPD-M-20A, колонка размером 4.6 × 250 мм, сорбент Dionex Acclaim Polar Advantage II, C 18 (5 мкм), элюент – CH₃CN (90 %), 1 мл/мин и ТСХ на пластинках TLC Silica gel 60 F₂₅₄ Merck, элюент – хлороформ:метанол, 100(10):1. Для препаративной колоночной хроматографии использовали стеклянные колонки с сорбентом Silica gel 60 (0.063–0.100 мм), Merck, элюент – хлороформ:метанол 100(10):1.

2,7-Дигидрокси-9H-флуорен-9-он **1a**,^[16] 2,7-бис(2-гидроксиэтокси)-9H-флуорен-9-он **1b**^[17] и 2,7-бис[2-(2-гидроксиэтокси)этокси]-9H-флуорен-9-он **1в**^[18] получали, как описано ранее. Эпихлоргидрин и диаза-18-краун-6 коммерчески доступны.

Синтез

Общая методика получения диглицидных эфиров **2a–в**.

Смесь (0.01 моль) соответствующего диола **1a–в**, 0.34 г (1 ммоль) тетрабутиламмония гидросульфата и 41.63 г (0.45 моль) эпихлоргидрина перемешивали 0.5 ч при 45–50 °С, прибавляли по каплям 3.20 г (0.04 моль) 50 % раствора NaOH и продолжали перемешивание при той же температуре 20 ч. К охлажденной смеси прибавляли 100 мл хлороформа, перемешивали при комнатной температуре 0.5 ч, отфильтровывали. Осадок промывали хлороформом (3 × 10 мл), фильтрат промывали водой (3 × 50 мл), сушили безводным MgSO₄, упаривали в вакууме. Остаток очищали хроматографией на колонке, элюент – хлороформ:метанол, 100:1.

2,7-Бис(оксиран-2-илметокси)-9H-флуорен-9-он (**2a**).

Оранжевые кристаллы, выход 2.07 г (64 %), т.пл. 155 °С (из бензола). Найдено, %: С, 70.21; Н, 5.14. C₁₉H₁₆O₅. Вычислено, %: С, 70.36; Н, 4.97. Масс-спектр (БА) m/z : 324 [M⁺]. ЭСП (CH₃CN) λ_{\max} (lgε) нм: 263 (4.72), 270 (4.88), 300 (3.81), 312 (3.77), 454 (2.49). ¹H ЯМР (CDCl₃) δ_{H} м.д.: 2.74–2.80 (м, 2H, (CH₂CHO)), 2.93 (т, 2H, $J = 4.5$ Гц, (CH₂CHO)), 3.33–3.41 (м, 2H, (CH₂CHO)), 3.90–3.99 (м, 2H, CH₂OAr), 4.29 (д.д, 2H, $J = 2.6, 11$ Гц, CH₂OAr), 6.98 (д.д, 2H, $J = 2.2, 8.1$ Гц, H_b), 7.15 (д, 2H, $J = 2.2$ Гц, H_a), 7.29 (д, 2H, $J = 8.1$ Гц, H_c).

2,7-Бис[2-(оксиран-2-илметокси)этокси]-9H-флуорен-9-он (**2b**).

Оранжевые кристаллы, выход 1.78 г (43 %), т.пл. 95 °С (из гексана). Найдено, %: С, 62.18; Н, 5.94. C₂₃H₂₄O₇. Вычислено, %: С, 62.14; Н, 6.02. Масс-спектр (БА) m/z : 412 [M⁺]. ЭСП (CH₃CN) λ_{\max} (lgε) нм: 270 (4.92), 300 (3.88), 313 (3.91), 458 (2.48). ¹H ЯМР (CDCl₃) δ_{H} м.д.: 2.60–2.70 (м, 2H, (CH₂CHO)), 2.83 (т, 2H, $J = 4.5$ Гц, (CH₂CHO)), 3.13–3.27 (м, 2H, (CH₂CHO)), 3.44–3.57 (м, 2H, CHCH₂O), 3.90–3.99 (м, 6H, CH₂CH₂OAr, CHCH₂O), 4.17 (т, 4H, $J = 4.5$ Гц, CH₂OAr), 6.97 (д.д, 2H, $J = 2.2, 8.1$ Гц, H_b), 7.16 (д, 2H, $J = 2.2$ Гц, H_a), 7.29 (д, 2H, $J = 8.1$ Гц, H_c).

2,7-Бис[2-[2-(оксиран-2-илметокси)этокси]этокси]-9H-флуорен-9-он (**2в**).

Красно-оранжевые кристаллы, выход 2.50 г (50 %), т.пл. 46 °С (из гексана). Найдено, %: С, 64.82; Н, 6.43. C₂₇H₃₂O₉. Вычислено, %: С, 64.79; Н, 6.44. Масс-спектр (БА) m/z : 500 [M⁺]. ЭСП (CH₃CN) λ_{\max} (lgε) нм: 263 (4.78), 270 (4.95), 300 (3.91), 313 (3.87), 470 (2.51). ¹H ЯМР (CDCl₃) δ_{H} м.д.: 2.58–2.65 (м, 2H, (CH₂CHO)), 2.80 (т, 2H, $J = 4.5$ Гц, (CH₂CHO)), 3.14–3.22 (м, 2H, (CH₂CHO)), 3.39–3.48 (м, 2H, CHCH₂O), 3.90–3.99 (м, 14H, CH₂CH₂O, CHCH₂O), 4.17 (т, 4H, $J = 4.6$ Гц, CH₂OAr), 6.97 (д.д, 2H, $J = 2.2, 8.1$ Гц, H_b), 7.16 (д, 2H, $J = 2.2$ Гц, H_a), 7.28 (д, 2H, $J = 8.1$ Гц, H_c).

Общая методика получения гидроксизамещенных флуореноноазакраунофанов **3,4,5a,б**. Смесь (2 ммоль) диглицидных

эфиров **2a–в** и 214 мг (2 ммоль) бензиламина растворяли в смеси безводных этанола с ТГФ (1:1, 80 мл) в случае **2a** или в 100 мл безводного этанола в случае **2b,в**, нагревали до температуры кипения и выдерживали 24 ч. Охлажденную реакционную смесь отфильтровывали, осадок промывали горячим этанолом (2×10 мл), фильтрат упаривали в вакууме. Остаток очищали хроматографией на колонке, элюент – хлороформ:метанол, 10:1.

12,32-Дибензил-10,14,30,34-тетрагидрокси-8,16,28,36-тетраокса-12,32-диазагептацикло[35.3.1.1^{3,7}.1^{7,21}.1^{23,27}.0^{4,40}.0^{20,24}]тетратетраконта-1(41),3(44),4,6,17(43),18,20,23(42),24,26,37,39-додекаен-2,22-дион (3). Оранжевые кристаллы, выход 284 мг (33 %), т.пл. 213–215 °С (из бензола). Найдено, %: С, 72.59; Н, 5.68; N, 3.40. C₅₂H₅₀N₂O₁₀. Вычислено, %: С, 72.37; Н, 5.84; N, 3.25. Масс-спектр (ББА) *m/z*: 863 [(M+H)⁺]. ЭСП (CH₃CN) λ_{max}(lgε) нм: 251 (4.84), 253 (4.76), 301 (3.78), 312 (3.73), 454 (2.59). ¹H ЯМР (DMSO-*d*₆) δ_H м.д.: 2.30–2.78 (м, 8H, NCH₂), 3.22–4.14 (м, 20H, OCH₂, OCH, NCH₂Ph, OH), 6.53–6.77 (м, 8H, Ar), 7.00–7.19 (м, 4H, Ar), 7.21–7.51 (м, 10H, Ph).

18-Бензил-16,20-дигидрокси-8,11,14,22,25,28-гексаокса-18-азатетрацикло[27.3.1.1^{3,7}.0^{4,32}]тетратриаконта-1(33),3(34),4,6,29,31-гексаен-2-он (4). Оранжевое масло, выход 304 мг (25 %). Найдено, %: С, 67.34; Н, 6.97; N, 2.44. C₃₄H₄₁NO₉. Вычислено, %: С, 67.20; Н, 6.80; N, 2.30. Масс-спектр (ББА) *m/z*: 608 [(M+H)⁺]. ЭСП (CH₃CN) λ_{max}(lgε) нм: 271 (4.76), 309 (3.74), 313 (3.70), 472 (2.36). ¹H ЯМР (CDCl₃) δ_H м.д.: 2.41–2.87 (м, 4H, NCH₂), 3.04–4.34 (м, 26H, OCH₂, OCH, NCH₂Ph, OH), 6.89–7.48 (м, 11H, Ar, Ph).

15,41-Дибензил-13,17,39,43-тетрагидрокси-8,11,19,22,34,37,45,48-октаокса-15,41-диазагептацикло[47.3.1.1^{3,7}.1^{7,27}.1^{29,33}.0^{4,52}.0^{26,30}]гексапентаконта-1(53),3(56),4,6,23(55),24,26,29(54),30,32,49,51-додекаен-2,28-дион (5a). Красно-оранжевые кристаллы, выход 363 мг (35 %), т.пл. 161–163 °С (из бензола). Найдено, %: С, 69.38; Н, 6.69; N, 2.82. C₆₀H₆₆N₂O₁₄. Вычислено, %: С, 69.35; Н, 6.40; N, 2.69. Масс-спектр (ББА) *m/z*: 1039 [(M+H)⁺]. ЭСП (CH₃CN) λ_{max}(lgε) нм: 263 (4.90), 270 (4.93), 311 (3.91), 331 (3.96), 472 (2.64). ¹H ЯМР (CDCl₃) δ_H м.д.: 2.56–2.85 (м, 8H, NCH₂), 3.37–4.23 (м, 36H, OCH₂, OCH, NCH₂Ph, OH), 6.78–7.39 (м, 22H, Ar, Ph).

18,50-Дибензил-16,20,48,52-тетрагидрокси-8,11,14,22,25,28,40,43,46,54,57,60-додекаокса-18,50-диазагептацикло[59.3.1.1^{3,7}.1^{29,33}.1^{35,39}.0^{4,64}.0^{32,36}]октагексаконта-1(65),3(68),4,6,29(67),30,32,35(66),36,38,61,63-додекаен-2,34-дион (5b). Красно-оранжевые кристаллы, выход 182 мг (15 %), т.пл. 83–85 °С (из бензола). Найдено, %: С, 67.13; Н, 6.63; N, 2.29. C₆₈H₈₂N₂O₁₈. Вычислено, %: С, 67.20; Н, 6.80; N, 2.31. Масс-спектр (ББА) *m/z*: 1215 [(M+H)⁺]. ЭСП (CH₃CN) λ_{max}(lgε) нм: 263 (4.95), 271 (5.05), 302 (4.04), 313 (4.00), 471 (2.67). ¹H ЯМР (CDCl₃) δ_H м.д.: 2.40–2.86 (м, 8H, NCH₂), 3.09–4.37 (м, 52H, OCH₂, OCH, NCH₂Ph, OH), 6.88–7.46 (м, 22H, Ar, Ph).

3,31-Дигидрокси-5,8,11,23,26,29,36,39,44,47-декаокса-1,33-диазапентацикло[31.8.8.1^{2,16}.1^{8,22}.0^{15,19}]генпентаконта-

12(51),13,15,18(50),19,21-гексаен-17-он (6). Получали аналогично гидроксифлуореноноазакраунофам **4,5a,б** из 75 мг (0.15 ммоль) диглицидного эфира **2в** и 39 мг (0.15 ммоль) диаза-18-краун-6 в 10 мл безводного этанола. Оранжевое масло, выход 32 мг (28 %). Найдено, %: С, 61.62; Н, 7.52; N, 3.96. C₃₉H₅₈N₂O₁₃. Вычислено, %: С, 61.40; Н, 7.66; N, 3.67. Масс-спектр (ББА) *m/z* (%): 801 (14) [(M+K)⁺], 785 (27) [(M+Na)⁺], 763 (100) [(M+H)⁺]. ЭСП (CH₃CN) λ_{max}(lgε) нм: 272 (3.61), 309 (2.64), 340 (1.88), 457 (1.54). ¹H ЯМР (CDCl₃) δ_H м.д.: 2.35–2.81 (м, 12H, NCH₂), 3.35–4.27 (м, 40H, OCH₂, OCH, OH), 7.01 (д, 2H, *J*=2.5, 8.1 Гц, H_b), 7.24 (д, 2H, *J*=2.5 Гц, H_c), 7.30 (д, 2H, *J*=8.4 Гц, H_d).

Результаты и обсуждение

Наиболее удобным способом получения диглицидных эфиров, включающих фрагмент флуоренона, на наш взгляд, является алкилирование диолов **1a–в** эпихлоргидрином в двухфазной системе эпихлоргидрин – 50 % NaOH в присутствии тетрабутиламмония гидросульфата в качестве катализатора межфазного переноса (Схема 1). После обработки реакционной смеси выделяли диглицидные эфиры **2a–в** с выходами 43–64 % хроматографией на колонке с силикагелем, водная суспензия которого имеет нейтральную среду (pH 7). В случае кислой или щелочной среды сорбента происходит взаимодействие глицидных эфиров со следами влаги или со спиртами элюента с раскрытием оксиранового цикла, что существенно снижает выходы целевых продуктов. Такое взаимодействие особенно заметно при использовании оксида алюминия в качестве сорбента.

Конденсация диглицидных эфиров **2a–в** с бензиламином в смеси этанола с ТГФ (1:1) или в этаноле после обработки реакционной смеси и хроматографической очистки на силикагеле приводит к тетрагидроксибис(флуореноно)диазаакраунофам **3**, **5a,б** и дигидроксифлуореноноазакраунофану **4**, которые являются продуктами циклизации по схеме [2+2] и [1+1] (Схема 2). Смесь этанола с ТГФ использовали в связи с незначительной растворимостью диглицидного эфира **2a** в спирте.

Из реакционной смеси не удалось выделить продукты циклизации по схеме [1+1] при использовании диглицидных эфиров **2a,б**. Вероятно, это объясняется стерическими затруднениями при образовании циклической структуры. Это предположение подтверждается анализом молекулярных моделей СРК (Corey-Pauling-Koltun) и результатами компьютерного моделирования.

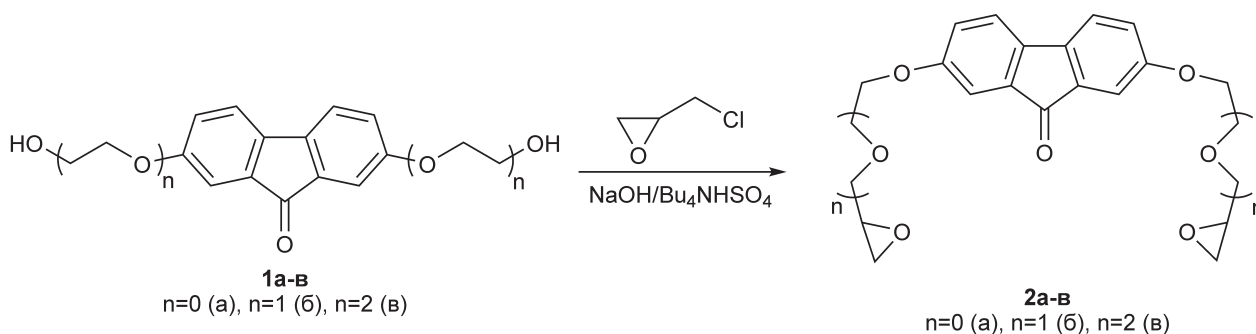


Схема 1. Синтез диглицидных эфиров, включающих фрагмент 2,7-дигидрокси-9H-флуорен-9-она **2a–в**.

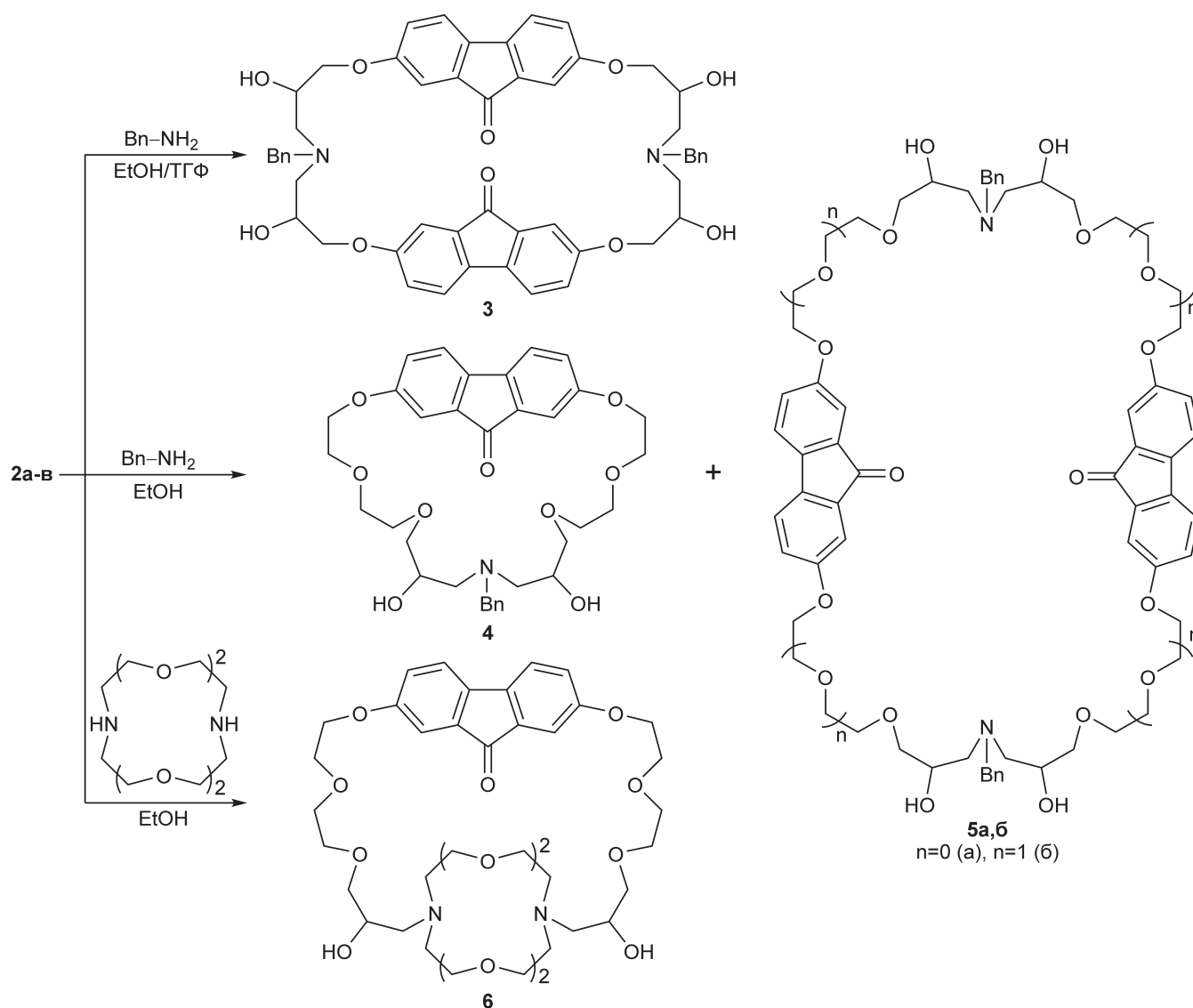


Схема 2. Синтез гидроксилсодержащих флуореноазакраунофанов **3**, **4**, **5a,b** и флуоренокриптанда **6**.

Дигидроксифлуоренокриптанд **6** получен с выходом 28 % конденсацией диаза-18-краун-6 с диглицидным эфиром **1в** в этаноле в условиях высокого разбавления с последующим выделением и очисткой продукта хроматографированием на силикагеле (Схема 2).

С помощью метода ВЭЖХ было показано, что азакраунофан **4** и криптанд **6** образуются в виде смесей D, L- и мезо- диастереомеров состава 1:1 (2 центра асимметрии), а диазакраунофаны **3**, **5a,b** – в виде тех же смесей состава 1:2:1 (четыре центра асимметрии).

В ББА-масс-спектрах всех изученных соединений присутствуют пики соответствующих молекулярных ионов. В электронных спектрах поглощения наблюдаются характерные для 2,7-дизамещенных флуоренонов полосы поглощения в видимой и ультрафиолетовой областях.

Спектры ^1H ЯМР диглицидных эфиров **2a–в** характеризуются неэквивалентностью протонов оксиранового цикла и протонов CH_2OAr . Для гидроксилсодержащих флуореноазакраунофанов **3**, **4**, **5a,b** и флуоренокриптанда **6** наблюдается типичный для азакраун-эфиров набор сигналов NCH_2 -групп в области 2.30–2.87 м.д.

и OCH_2 -групп в области 3.04–4.37 м.д. Флуореноновые протоны представлены характерным набором сигналов в виде дублета дублетов и двух дублетов в области 6.97–7.30 м.д. в спектрах диглицидных эфиров **2a–в** и криптанда **6**. В спектрах N-Bn-замещенных флуореноазакраунофанов **3**, **4**, **5a,b** сигналы ароматических протонов наблюдаются в виде мультиплета в области 6.53–7.51 м.д. Присутствуют также сигналы всех других имеющихся групп протонов, что подтверждает строение полученных соединений.

Выводы

В заключение отметим, что нами получены и охарактеризованы первые представители гидроксилсодержащих азакраунофанов и криптанд, включающие фрагменты 2,7-дигидрокси-9H-флуорен-9-она. С позиций химии «гость-хозяин» наличие фрагмента флуоренона и гидроксильных групп в молекуле хозяина обладает рядом полезных свойств: большая поляризованная

ароматическая система должна эффективно участвовать в π -катионных и π - π стекинг взаимодействиях с молекулой гостя, а также в образовании водородных связей. Комплексообразующие и иммобилизационные свойства этих соединений являются предметом дальнейших исследований.

Список литературы

References

1. Llinares J.M., Powell D., Bowman-James K. *Coord. Chem. Rev.* **2003**, *240*, 57–75.
2. Ilioudis C.A., Steed J.W. *J. Supramol. Chem.* **2001**, *1*, 165–187.
3. Schmidtchen F.P., Berger M. *Chem. Rev.* **1997**, *97*, 1609–1646.
4. Izatt R.M., Pawlak K., Bradshaw J.S. *Chem. Rev.* **1995**, *95*, 2529–2586.
5. Bradshaw J.S., Izatt R.M. *Acc. Chem. Res.* **1997**, *30*, 338–345.
6. Lehn J.M. *Science* **1985**, *227*, 849–856.
7. Lobach A.V., Yakovenko I.S., Lukyanenko N.G. *Macroheterocycles* **2009**, *2*, 286–289.
8. Kirichenko T.I., Lobach A.V., Lyapunov A.Yu., Kulygina C.Yu., Yakovenko I.S., Lukyanenko N.G. *Macroheterocycles* **2009**, *2*, 290–295.
9. Lyapunov A.Yu., Kirichenko T.I., Kulygina C.Yu., Lukyanenko N.G. *Russ. J. Org. Chem.* **2015**, *85*, 1629–1634.
10. Lukyanenko N.G., Kirichenko T.I., Lyapunov A.Yu., Kulygina C.Yu. *Russ. Chem. Bull., Int. Ed.* **2008**, 1697–1702.
11. Lukyanenko N.G., Kirichenko T.I., Lyapunov A.Yu., Kulygina C.Yu., Mazepa A.V. *Russ. J. Org. Chem.* **2009**, *45*, 304–311.
12. Lukyanenko N.G., Lyapunov A.Yu., Kirichenko T.I. *Russ. Chem. Bull., Int. Ed.* **2007**, *56*, 986–992.
13. Lyapunov A., Kirichenko T., Kulygina C., Zubatyuk R., Fonari M., Doroshenko A., Kirichenko A. *J. Incl. Phenom. Macrocyclic Chem.* **2015**, *81*, 499–508.
14. Thomas C., Brut S., Bibal B. *Tetrahedron* **2014**, *70*, 1646–1650.
15. Lukyanenko N.G., Reder A.S. *Russ. J. Org. Chem.* **1989**, *25*, 385–394.
16. Haenel M.W., Irngartinger H., Kreiger C. *Chem. Ber.* **1985**, *118*, 144–162.
17. Kirichenko T.I., Meshkova S.B., Topilova Z.M., Kiriyak A.V., Lyapunov A.Yu., Kulygina C.Yu., Lukyanenko N.G. *Russ. J. Gen. Chem.* **2005**, *75*, 299–304.
18. Lyapunov A.Yu., Kirichenko T.I., Kulygina C.Yu., Lukyanenko N.G. *Russ. J. Org. Chem.* **2005**, *41*, 144–149.

Received 18.05.2015

Accepted 30.10.2015