

УДК 547

## ОБРАЗОВАНИЕ СПИРОЦИКЛИЧЕСКИХ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ АММОНИЕВЫХ СОЛЕЙ *N*-БЕНЗИЛ-1,5-ДИМЕТИЛ-3,7-ДИАЗАБИЦИКЛО[3.3.1]НОНАН-9-ОЛА ПРИ ЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ТЕРМИНАЛЬНЫМИ ДИБРОМАЛКАНАМИ

© 2021 г. А. И. Далингер<sup>1</sup>, А. В. Чураков<sup>2</sup>, С. З. Вацадзе<sup>1,3,\*</sup>

Представлено академиком РАН М.П. Егоровым 10.09.2021 г.

Поступило 06.09.2021 г.

После доработки 08.10.2021 г.

Принято к публикации 12.10.2021 г.

Впервые получены четвертичные спироциклические соли *N*-бензил-1,5-диметил-3,7-диазабицикло[3.3.1]нонан-9-ола путем его взаимодействия с 1,4-дибромбутаном и 1,5-дибромпентаном. Для кристаллов полученных солей проведен рентгеноструктурный анализ.

*Ключевые слова:* биспидин, каркасные диамины, четвертичные соли аммония, РСА

**DOI:** 10.31857/S2686953521050046

### ВВЕДЕНИЕ

Сочетая в своей структуре жесткий бициклический каркас и два близко расположенных друг к другу в конформации “кресло-кресло” атома азота, производные 3,7-диазабицикло[3.3.1]нонана (далее — биспидина) представляют собой эффективные бидентатные лиганды, способные образовывать устойчивые комплексы с переходными металлами [1–3]. Благодаря указанным свойствам биспидины представляют большой интерес при разработке радиофармацевтических препаратов для ядерной медицины, например, препаратов на основе <sup>64</sup>Cu для ПЭТ-диагностики [4]. Кроме того, биспидины обладают широким спектром биологической активности [5]. Введение различных фрагментов, в том числе хиральных, в бициклическую структуру биспидина позволяет получать лиганды с заданными свойствами для осуществления определенных металлокомплексных превращений [6]. Например, в работах [7, 8] было успешно продемонстрировано использова-

ние ряда хиральных лигандов на основе биспидина в энантиселективном Cu(II)-катализируемом присоединении нитроалканов к альдегидам различной природы — реакции Анри.

Ранее в работе [9] нами был описан синтез ряда хиральных моно- и дизамещенных лигандов на основе 1,5-диметилбиспидинов, в том числе *N*-бензил-1,5-диметил-3,7-диазабицикло[3.3.1]нонан-9-ола, содержащих пиненовые фрагменты. Впервые было показано, что такие конъюгаты биспидина и хиральных монотерпеноидов способны выступать в качестве катализаторов реакции Анри как самостоятельно, так и в виде металлокомплексов в присутствии солей Cu(II) и Zn(II).

Для изучения влияния структуры лиганда и его хелатирующих свойств на каталитические свойства металлокомплексов в реакции Анри в настоящей работе нами была предпринята попытка сдвоявания двух фрагментов *N*-бензил-1,5-диметилбиспидин-9-ола **1** по атомам азота через алкильный линкер путем взаимодействия с терминальными дибромалканами с различной длиной углеродной цепи.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

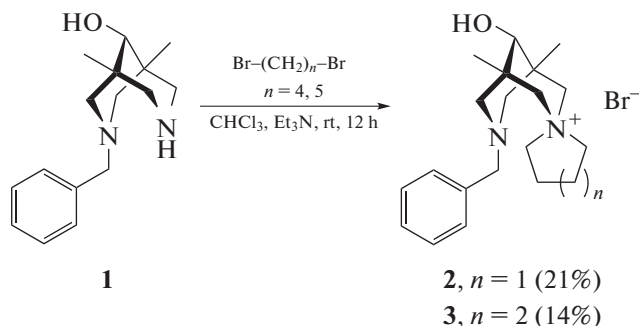
При проведении реакции взаимодействия эквивалентных количеств биспидинола **1**, полученного согласно методике [10], с 1,4-дибромбутаном и 1,5-дибромпентаном в хлороформе в присутствии триэтиламина в качестве основания вместо ожидаемых продуктов “сшивки” были вы-

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991 Москва, Россия

<sup>2</sup> Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук, 119991 Москва, Россия

<sup>3</sup> Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук, 119991 Москва, Россия

\*E-mail: zurabych@gmail.com



**Схема 1.** Взаимодействие биспидинола **1** с 1,4-дибромбутаном и 1,5-дибромпентаном.

делены только спироциклические четвертичные соли биспидина **2** и **3** (схема 1) с выходами после очистки путем перекристаллизации и промывания твердого осадка водой 21 и 14% соответственно.

Полученные соли **2** и **3** были полностью охарактеризованы с использованием современных методов анализа: спектроскопии  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  ЯМР и масс-спектрометрии высокого разрешения. Структура полученных солей **2** и **3** также подтверждена результатами рентгеноструктурного исследования их кристаллов (рис. 1, 2).

Оба соединения **2** и **3** ионные, состоят из органического катиона, бромид-иона и гидратной воды с соотношением  $\text{Br}^-/\text{H}_2\text{O}$ , равным 1 : 1 (рис. 1, 3). Строение биспидиновых катионов традиционное: во всех случаях азотсодержащие шестичленные циклы принимают конформацию “кресла” с внутримолекулярными межазотными расстояниями, лежащими в пределах 3.127–3.214 Å [11]. Во всех случаях (2 независимых катиона в соединении **2** и один – в структуре соединения **3**) гидроксильные группы располагаются со стороны третичного атома азота, а бензильные заместители занимают экваториальное положение по отношению к пиперидиновому циклу.

Как и следовало ожидать, длины связей N–C для четвертичных атомов азота примерно на 0.05 Å больше, чем для третичных [12]. Для обеих независимых молекул **2** геометрия расположения заместителей вокруг четвертичных атомов азота несколько

искажена по сравнению с идеальной тетраэдрической. По-видимому, это можно объяснить стерическими требованиями пятичленных циклов, в которых минимальные внутрициклические углы  $\text{C}-\text{N}_{\text{четв}}-\text{C}$  близки к  $100^\circ$  (табл. 1).

В обеих структурах все “активные” атомы водорода вовлечены в образование водородных связей, давая во всех трех случаях centrosymmetric островной кластер с центральным фрагментом  $\text{Br}(\dots\text{HOH}\dots)_2\text{Br}$  (рис. 2, 4). Анализ Кембриджского банка структурных данных (вер. 5.42 май 2021 г. [13]) показал наличие 8 ранее исследованных структур (FIWPAE, GEYVIS, GIQSOR, MIKYIP, SIHJIC, XOJRAR, XOJREV, YEMJIM) с точно таким же островным H-связанным мотивом  $\text{CO}-\text{H}\dots\text{Br}(\dots\text{HOH}\dots)_2\text{Br}\dots\text{H}-\text{OC}$ , где оба аниона брома вовлечены в образование трех водородных связей с двумя молекулами воды и спиртовой группой с расстояниями  $\text{Br}\dots\text{O}$  в пределах 3.127–3.214 Å. Аналогичные значения для этих водородных связей наблюдаются и для соединений **2** и **3** (см. табл. 2 и 3).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

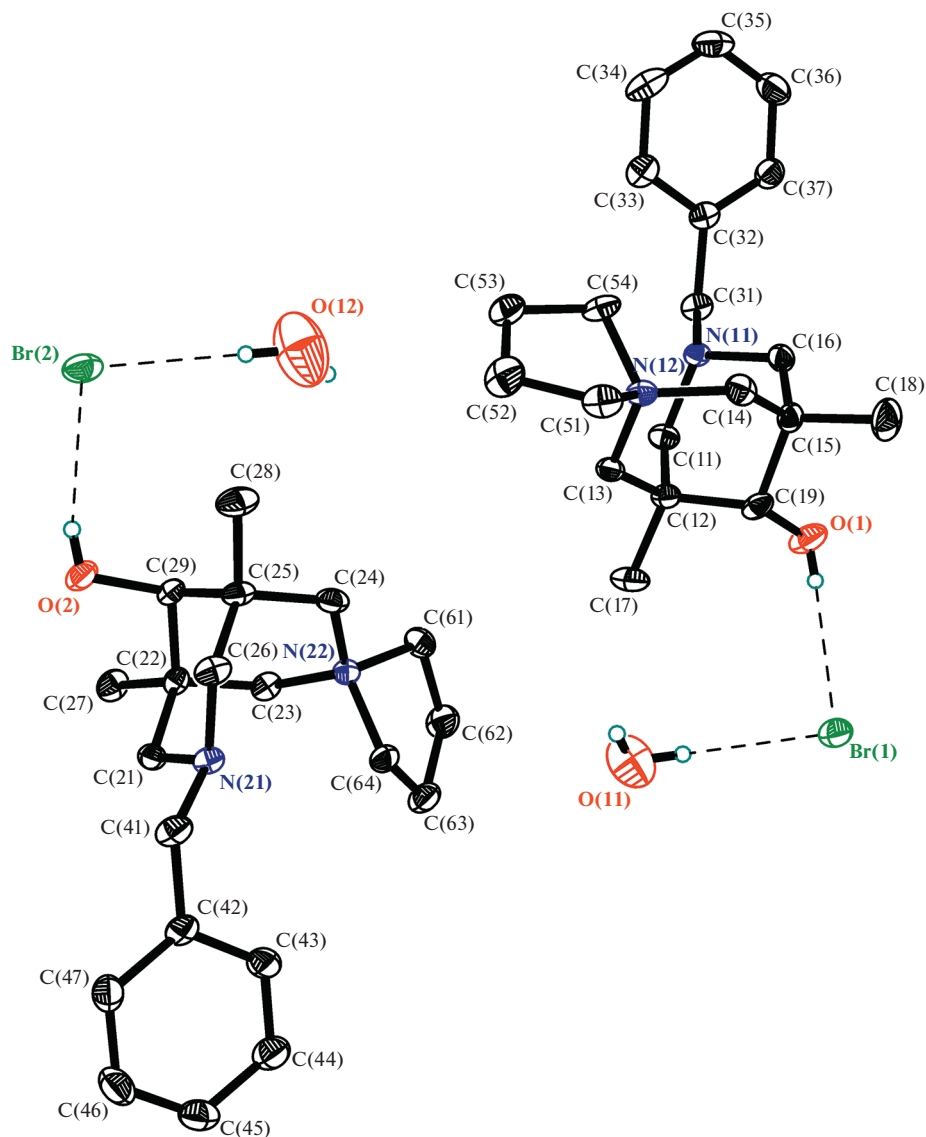
Таким образом, в результате взаимодействия N-бензил-1,5-диметил-3,7-дiazabicyclo[3.3.1]нонан-9-ола **1** с терминальными дибромалканами в присутствии основания вместо ожидаемых продуктов межмолекулярного “сдваивания” молекул биспидина происходит реакция внутримолекулярной циклизации с образованием спироциклических четвертичных аммониевых солей, структура которых определена с помощью рентгеноструктурного анализа. Полученные трициклы **2** и **3** являются первыми примерами нового типа спироциклических каркасов в ряду биспидинов.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Спектры ЯМР зарегистрированы на приборе Bruker Avance 400 (рабочие частоты  $^1\text{H}$  – 400 МГц,  $^{13}\text{C}$  – 101 МГц) при 298 К. Химические сдвиги для ядер  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  приведены относительно тетраметилсилана. Масс-спектры высокого разрешения при ионизации электрораспылением (ESI-HRMS)

**Таблица 1.** Величины длин связей и валентных углов в структурах **2** и **3**

|                       |                                            | <b>2</b><br>молекула 1  | <b>2</b><br>молекула 2  | <b>3</b>                |
|-----------------------|--------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Длина связи, Å        | C–OH                                       | 1.424 (3)               | 1.420 (3)               | 1.4191 (18)             |
|                       | $\text{N}_{\text{трет}}-\text{C}$          | 1.459 (3)–1.465 (3)     | 1.465 (3)–1.466 (3)     | 1.4624 (18)–1.4637 (18) |
|                       | $\text{N}_{\text{четв}}-\text{C}$          | 1.514 (3)–1.529 (3)     | 1.516 (3)–1.525 (3)     | 1.5220 (18)–1.5292 (18) |
| Валентный угол, град. | $\text{C}-\text{N}_{\text{трет}}-\text{C}$ | 109.59 (18)–111.93 (18) | 108.32 (18)–111.76 (18) | 108.90 (11)–112.12 (11) |
|                       | $\text{C}-\text{N}_{\text{четв}}-\text{C}$ | 100.30 (18)–113.73 (18) | 99.79 (18)–115.46 (18)  | 105.69 (11)–114.47 (11) |



**Рис. 1.** Независимая область в структуре соединения 2. Тепловые эллипсоиды приведены с 50%-й вероятностью. Водородные связи показаны пунктирными линиями.

зарегистрированы на приборе Bruker MicroOTOFII (Германия). Контроль протекания реакций и чистоты полученных соединений осуществлялся методом ТСХ на пластинках Merck TLC Silica gel 60G F<sub>254</sub> (Германия). Все использованные в работе реагенты и растворители (чистота 90.0–99.9+ %) получены из коммерческих источников (Sigma-Aldrich, abcr GmbH, Химмед), при необходимости подвергнуты дополнительной очистке до достижения аналитической чистоты стандартным образом непосредственно перед использованием. Исходный *N*-бензил-1,5-диметил-3,7-дизабцикло[3.3.1]нонан-9-ол **1** получен согласно методике [10].

**Синтез 7-бензил-9-гидрокси-1,5-диметил-7-азаспиро(бицикло[3.3.1]нонан-3,1'-пирролидин)-3-иум бромида 2.** К раствору 1 г (3.8 ммоль) *N*-бен-

зил-1,5-диметилбиспидин-9-ола **1** в 60 мл хлороформа было добавлено 0.46 мл (3.8 ммоль) 1,4-дибромбутана и 0.53 мл (3.8 ммоль) триэтиламина. Реакционную смесь перемешивали в течение 12 ч при комнатной температуре. Образовавшийся бесцветный осадок отфильтровали, а фильтрат упарили при пониженном давлении на роторном испарителе. Полученный при упаривании фильтрата маслообразный продукт закристаллизовали растиранием в петролейном эфире с последующей перекристаллизацией из хлороформа. Отфильтрованный осадок и закристаллизованный продукт промыли небольшим количеством ледяной воды на стеклянном фильтре для удаления примеси соли Et<sub>3</sub>N · HBr, объединили и высушили в вакуум-эксикаторе над P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Выход: 0.313 г (0.79 ммоль), 21%. <sup>1</sup>H ЯМР (400 МГц, DMSO-*d*<sub>6</sub>,

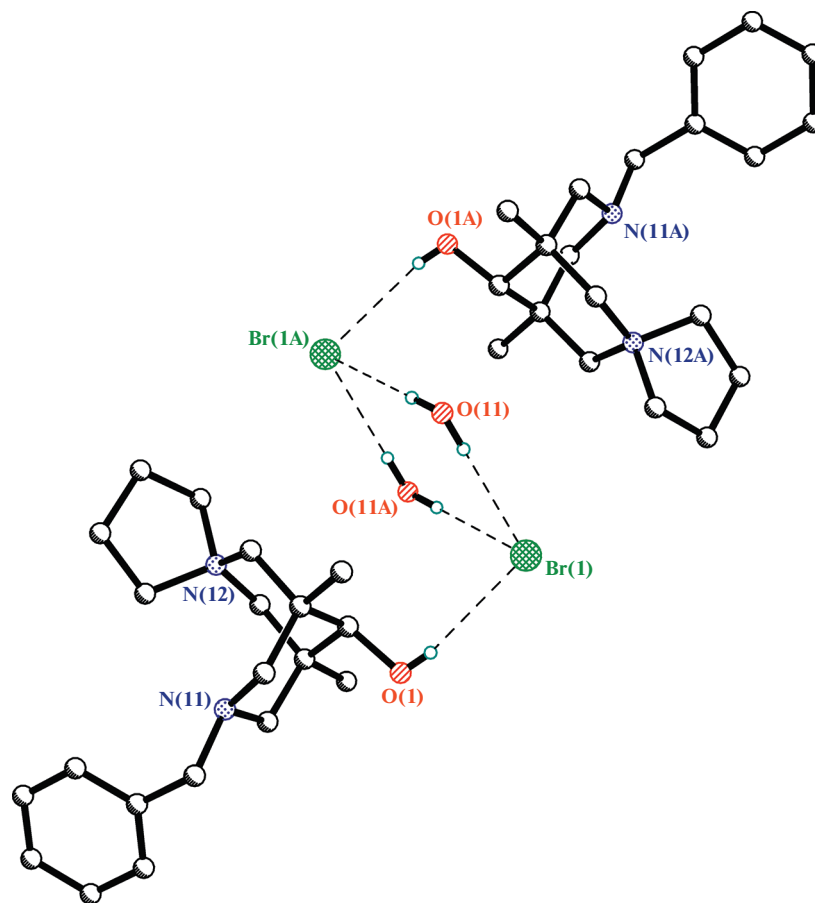


Рис. 2. Фрагмент упаковки в структуре 2. Водородные связи показаны пунктирными линиями.

$\delta$ , м. д.,  $J$ , Гц): 0.78 (с, 6H), 1.90–1.98 (м, 2H), 2.05–2.13 (м, 2H), 2.28 (д,  $J$  11.0, 2H), 2.38 (д,  $J$  11.1, 2H), 3.34–3.38 (м, 3H), 3.46 (д,  $J$  12.6, 4H), 3.54 (т,  $J$  7.0, 2H), 4.17 (т,  $J$  7.5, 2H), 5.27 (д,  $J$  5.2, 1H), 7.21–7.35 (м, 5H).  $^{13}\text{C}$  ЯМР (101 МГц, ДМСО- $d_6$ ,  $\delta$ , м. д.): 20.50, 21.36, 21.67, 37.17, 53.95, 61.89, 68.41, 68.91, 71.85, 72.12, 127.25, 128.30, 129.73, 136.76. Масс-спектр: найдено,  $m/z$ : 315.2430  $[\text{M}]^+$ ; вычислено для  $\text{C}_{20}\text{H}_{31}\text{N}_2\text{O}^+$ : 315.2431.

Синтез 7-бензил-9-гидрокси-1,5-диметил-7-азаспиро(бицикло[3.3.1]нонан-3,1'-пиперидин)-3-

иум бромида 3 проводили аналогично синтезу соединения 2 с использованием 1 г (3.8 ммоль) *N*-бензил-1,5-диметилбиспидин-9-ола 1, 0.52 мл (3.8 ммоль) 1,5-дибромпентана и 0.53 мл (3.8 ммоль) триэтиламина. Реакционную смесь упарили при пониженном давлении на ротационном испарителе. Полученный маслообразный продукт закристаллизовали растиранием в петролейном эфире с последующей перекристаллизацией из хлороформа. Перекристаллизованное твердое бесцветное вещество затем промыли на фильтре небольшим

Таблица 2. Параметры водородных связей в структуре 2

|                           | $d(\text{O}-\text{H})$ , Å | $d(\text{Br}\dots\text{H})$ , Å | $d(\text{O}\dots\text{Br})$ , Å | $\angle(\text{O}-\text{H}\dots\text{Br})$ , град. |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------|
| O1–H1...Br1               | 0.70(3)                    | 2.70(3)                         | 3.380(2)                        | 165(3)                                            |
| O2–H2...Br2               | 0.72(4)                    | 2.60(4)                         | 3.301(2)                        | 164(4)                                            |
| O11–H3...Br1              | 0.85                       | 2.55                            | 3.403(2)                        | 179.8                                             |
| O11–H4...Br1 <sup>a</sup> | 0.85                       | 2.53                            | 3.383(2)                        | 179.8                                             |
| O12–H5...Br2              | 0.85                       | 2.49                            | 3.343(3)                        | 179.7                                             |
| O12–H6...Br2 <sup>b</sup> | 0.85                       | 2.65                            | 3.499(3)                        | 179.8                                             |

Операции симметрии: <sup>a</sup>  $-x, 2-y, 1-z$ ; <sup>b</sup>  $1-x, 1-y, 1-z$ .

количеством ледяной воды для удаления примеси  $\text{Et}_3\text{N} \cdot \text{HBr}$  и высушили в вакуум-эксикаторе над  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Выход: 0.220 г (0.54 ммоль), 14%.  $^1\text{H}$  ЯМР (400 МГц,  $\text{DMSO-}d_6$ ,  $\delta$ , м. д.,  $J$ , Гц): 0.82 (с, 6H), 1.46–1.51 (м, 2H), 1.69–1.77 (м, 4H), 2.30 (кв,  $J$  11.2, 4H), 3.14 (д,  $J$  14.1, 2H), 3.35–3.42 (м, 5H), 3.61 (д,  $J$  14.1, 2H), 4.52 (уш. с, 2H), 5.31 (д,  $J$  5.2, 1H), 7.16–7.34 (м, 5H).  $^{13}\text{C}$  ЯМР (101 МГц,  $\text{DMSO-}d_6$ ,  $\delta$ , м. д.): 19.68, 20.37, 20.75, 21.67, 37.53, 54.08, 61.81, 63.80, 68.78, 69.53, 71.85, 127.28, 128.37, 129.49, 137.13. Масс-спектр: найдено,  $m/z$ : 329.2587  $[\text{M}]^+$ ; вычислено для  $\text{C}_{21}\text{H}_{33}\text{N}_2\text{O}^+$ : 329.2587.

Кристаллы соединений **2** и **3** получены путем медленного испарения их водных растворов на воздухе.

РСА соединений **2** и **3** выполнен на автоматическом дифрактометре Bruker SMART APEX II (Германия) при температуре 150 К ( $\text{MoK}_\alpha$ -излучение,  $\lambda = 0.71073 \text{ \AA}$ , графитовый монохроматор). Адсорбционная коррекция введена на основании измерений интенсивностей эквивалентных отражений [14]. Структуры расшифрованы прямым методом; все неводородные атомы уточнены полноматричным анизотропным МНК по  $F^2$  (*SHELXTL* [15]). Все атомы водорода (за исключением гидроксильных групп и молекул воды в соединении **3**) помещены в рассчитанные позиции и уточнены с использованием схемы “наездника”. Все атомы водорода при атомах кислорода найдены из разных рядов и уточнены изотропно.

Кристаллы **2** ( $\text{C}_{20}\text{H}_{33}\text{Br}_1\text{N}_2\text{O}_2$ ,  $F_w = 413.39$ ) триклинные, пр. гр.  $P-1$ ,  $a = 8.6520(7) \text{ \AA}$ ,  $b = 15.3152(13) \text{ \AA}$ ,  $c = 15.7514(12) \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 75.295(3)^\circ$ ,  $\beta = 85.149(3)^\circ$ ,  $\gamma = 87.024(3)^\circ$ ,  $V = 2010.6(3) \text{ \AA}^3$ ,  $Z = 4$ ,  $\rho_{\text{выч}} = 1.366 \text{ г см}^{-3}$ ,  $\mu(\text{MoK}_\alpha) = 2.060 \text{ мм}^{-1}$ ,  $F(000) = 872$ . Интенсивности 26 675 отражений (из них 26 675 независимых,  $R_{\text{int}} = 0.0442$ ) измерены методом  $\omega$ -сканирования в интервале  $2.15^\circ < \theta < 25.50^\circ$  ( $-10 \leq h \leq 10$ ,  $-18 \leq k \leq 18$ ,  $-19 \leq l \leq 19$ ). Окончательное значение факторов расходимости составило  $R_1 = 0.0354$  для 6076 отражений с  $I > 2\sigma(I)$  и  $wR_2 = 0.0830$  по всему массиву данных с использованием 463 параметров уточнения.  $\text{GOF} = 1.025$ ,  $\Delta\rho_{\text{min/max}} = -0.430/0.437$ .

Кристаллы **3** ( $\text{C}_{21}\text{H}_{35}\text{Br}_1\text{N}_2\text{O}_2$ ,  $F_w = 427.42$ ) моноклинные, пр. гр.  $P2_1/c$ ,  $a = 14.3249(12) \text{ \AA}$ ,  $b =$

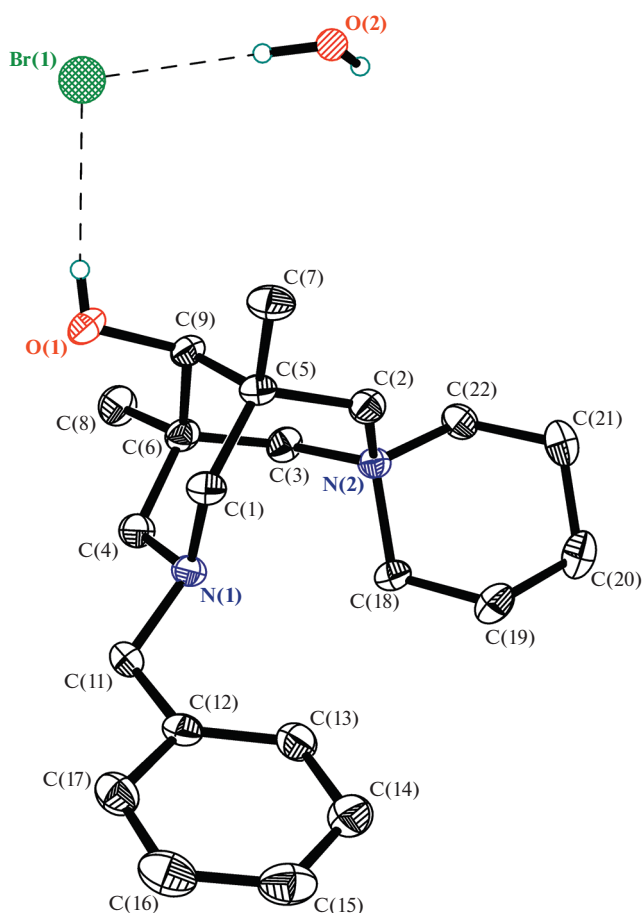


Рис. 3. Независимая область в структуре соединения **3**. Тепловые эллипсоиды приведены с 50%-й вероятностью. Водородные связи показаны пунктирными линиями.

$= 9.4129(8) \text{ \AA}$ ,  $c = 16.0643(13) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 104.229(1)^\circ$ ,  $V = 2099.6(3) \text{ \AA}^3$ ,  $Z = 4$ ,  $\rho_{\text{выч}} = 1.352 \text{ г см}^{-3}$ ,  $\mu(\text{MoK}_\alpha) = 1.975 \text{ мм}^{-1}$ ,  $F(000) = 904$ . Интенсивности 18 513 отражений (из них 5010 независимых,  $R_{\text{int}} = 0.0239$ ) измерены методом  $\omega$ -сканирования в интервале  $2.53^\circ < \theta < 28.00^\circ$  ( $-18 \leq h \leq 18$ ,  $-12 \leq k \leq 12$ ,  $-21 \leq l \leq 21$ ). Окончательное значение факторов расходимости составило  $R_1 = 0.0278$  для 4279 отражений с  $I > 2\sigma(I)$  и  $wR_2 = 0.0758$  по всему массиву данных с использованием 249 параметров уточнения.  $\text{GOF} = 1.059$ ,  $\Delta\rho_{\text{min/max}} = -0.298/0.437$ .

Таблица 3. Параметры водородных связей в структуре **3**

|                                                  | $d(\text{O} \cdots \text{H}), \text{ \AA}$ | $d(\text{Br} \cdots \text{H}), \text{ \AA}$ | $d(\text{O} \cdots \text{Br}), \text{ \AA}$ | $\angle(\text{O} \cdots \text{H} \cdots \text{Br}), \text{ град.}$ |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| $\text{O1} \cdots \text{H1} \cdots \text{Br1}^a$ | 0.74(2)                                    | 2.51(2)                                     | 3.2434(12)                                  | 172.2(19)                                                          |
| $\text{O2} \cdots \text{H2} \cdots \text{Br1}^b$ | 0.93(3)                                    | 2.47(4)                                     | 3.3834(16)                                  | 169(3)                                                             |
| $\text{O2} \cdots \text{H3} \cdots \text{Br1}^c$ | 0.92(3)                                    | 2.43(3)                                     | 3.3540(17)                                  | 177(2)                                                             |

Операции симметрии:  $^a x, 1.5 - y, 0.5 - z$ ;  $^b 1 - x, -0.5 + y, 1.5 - z$ ;  $^c x, 0.5 - y, 0.5 - z$ .

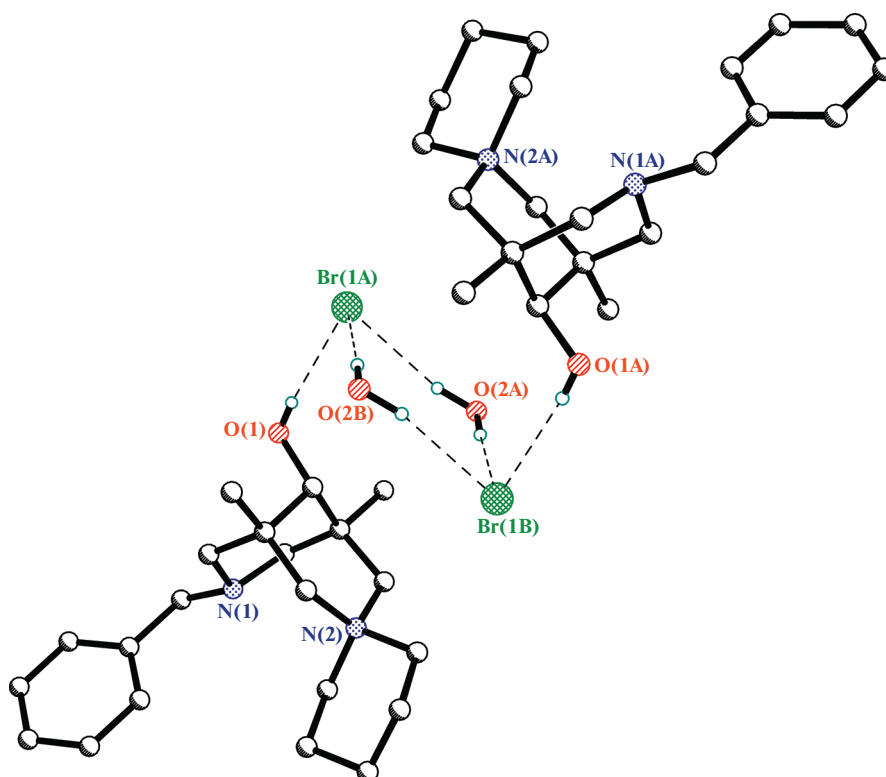


Рис. 4. Фрагмент упаковки в структуре 3. Водородные связи показаны пунктирными линиями.

Структуры 2 и 3 депонированы в Кембриджском банке структурных данных под номерами CCDC-2106878 и 2106877 соответственно.

#### БЛАГОДАРНОСТЬ

Рентгеноструктурный анализ образцов выполнен в ЦКП ИОНХ РАН.

#### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 19-73-20090.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Comba P., Schiek W. // *Coord. Chem. Rev.* 2003, V. 238–239. P. 21–29. [https://doi.org/10.1016/S0010-8545\(02\)00294-1](https://doi.org/10.1016/S0010-8545(02)00294-1)
2. Zefirov N.S., Palyulin V.A. In: Iliel E.L., Wilen S.H., eds. *Top. Stereochem.* John Wiley & Sons, Inc. New York/Chichester/Brisbane/Toronto/Singapore, 1991. ISBN 9780471508014. P. 171–230. <https://doi.org/10.1002/9780470147290.ch3>
3. Comba P., Kerscher M., Schiek W. In: Karlin K.D., ed. *Progress in Inorganic Chemistry.* Wiley-Interscience Publications, 2007. ISBN 9780471682424. P. 613–704. <https://doi.org/10.1002/9780470144428.ch9>
4. Comba P., Kerscher M., Rück K., Starke M. // *Dalt. Trans.* 2018. V. 47. P. 9202–9220. <https://doi.org/10.1039/C8DT01108G>
5. Tomassoli I., Gündisch D. // *Curr. Top. Med. Chem.* 2016. V. 16. P. 1314–1342. <https://doi.org/10.2174/1568026615666150915111434>
6. Breuning M., Steiner M. // *Synthesis.* 2008. V. 2008. P. 2841–2867. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1067241>
7. Scharnagel D., Müller A., Prause F., Eck M., Goller J., Milius W., Breuning M. // *Chem. Eur. J.* 2015. V. 21. P. 12488–12500. <https://doi.org/10.1002/chem.201502090>
8. Rossetti A., Landoni S., Meneghetti F., Castellano C., Mori M., Dugoni G.C., Sacchetti A. // *New J. Chem.* 2018. V. 42. P. 12072–12081. <https://doi.org/10.1039/c8nj01930d>
9. Можайцев Е.С., Пономарев К.Ю., Патрушева О.С., Медведько А.В., Далингер А.И., Рогачев А.Д., Комарова Н.И., Корчагина Д.В., Суслов Е.В., Волчо К.П., Салахутдинов Н.Ф., Вацадзе С.З. // *ЖОрХ.* 2020. Т. 56. С. 1768–1783. <https://doi.org/10.31857/S0514749220110129>
10. Вацадзе С.З., Тюрин В.С., Зацман А.И., Манаенкова М.А., Семашко В.С., Крутько Д.П., Зык Н.В., Чураков А.В., Кузьмина Л.Г. // *ЖОрХ.* 2006. Т. 42. 1244–1249. <https://doi.org/10.1134/S1070428006080215>
11. Medved'ko A., Dalinger A., Nuriev V., Semashko V., Filatov A., Ezhov A., Churakov A., Howard J., Shiryayev A., Baranchikov A., Ivanov V., Vatsadze S. // *Nanomateri-*



- als. 2019. V. 9. P. 89.  
<https://doi.org/10.3390/nano9010089>
12. Allen F.H., Kennard O., Watson D.G., Brammer L., Orpen A. G., Taylor R. J. Chem. Soc. Perkin Trans. 1987. V. 2. P. S1–S19.  
<https://doi.org/10.1039/P298700000S1>
13. Groom C.R., Bruno I.J., Lightfoot M.P., Ward S.C. // Acta Crystallogr. Sect. B Struct. Sci. Cryst. Eng. Mater. 2016. V. 72. P. 171–179.  
<https://doi.org/10.1107/S2052520616003954>
14. Sheldrick G., SADABS. Program for scaling and correction of area detector data. University of Göttingen, Germany, 1997.
15. Sheldrick G. // Acta Crystallogr. Sect. A. 2008. V. 64. P. 112–122.  
<https://doi.org/10.1107/S0108767307043930>

## FORMATION OF SPIROCyclic QUATERNARY AMMONIUM SALTS OF *N*-BENZYL-1,5-DIMETHYL-3,7-DIAZABICYCLO[3.3.1]NONAN-9-OL DUE TO ITS INTERACTION WITH TERMINAL DIBROMOALKANES

A. I. Dalinger<sup>a</sup>, A. V. Churakov<sup>b</sup>, and S. Z. Vatsadze<sup>a,c,#</sup>

<sup>a</sup> Lomonosov Moscow State University, Department of Chemistry, 119991 Moscow, Russian Federation

<sup>b</sup> N.S. Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry of the Russian Academy of Sciences, 119991 Moscow, Russian Federation

<sup>c</sup> N.D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry of the Russian Academy of Sciences, 119991 Moscow, Russian Federation

<sup>#</sup>E-mail: zurabych@gmail.com

Presented by Academician of the RAS M.P. Egorov 10.09.2021

Quaternary spirocyclic salts of *N*-benzyl-1,5-dimethyl-3,7-diazabicyclo[3.3.1]nonan-9-ol were obtained for the first time by its interaction with 1,4-dibromobutane and 1,5-dibromopentane. X-ray study for crystals of the obtained salts was performed.

*Keywords:* bispidine, framework diamines, quaternary ammonium salts, X-Ray study