

7. Козина М.П. Энтальпии образования  $\alpha$ - и  $\beta$ -3,4-эпоксикаранов / М.П.Козина, В.А.Алешина, Г.Л.Гальченко, Г.В.Дещиц, И.И.Бардышев // ДАН БССР Сер. Хим. — 1977, № 6. — С. 94–96.
8. Пехк Т.И. Химические сдвиги ядер  $^{13}\text{C}$  производных бицикло [4.1.0] гептана / Т.И. Пехк, Х.Э.Кооскора, Э.Т.Липпмаа // Доклады АН БССР. Сер. Хим. — 1977. — № 1. — С. 96–103.
9. Coxon J. M. Carbon- $^{13}\text{C}$  Nuclear Magnetic Resonance Spectra of pinane monoterpenoids / J. M.Coxon, J.Hydes, P.J.Steel // J.Chem.Soc. Perkin Trans. II. — 1984. — № 8. — P. 1351–135.
10. Galat V.F. Fast NMR: A Prigh performance NMR simulation tool / Book of Abstracts: Methods and applications of computational chemistry. 2nd International symposium. Kyiv, Ukraine, 2-4 July 2007. — Kyiv-Kharkiv, 2007. — P. 43 - в подзар: NAS UKRAINE, stc Institute of molekular biology and genetics NAS Ukraine.computational center of molekular structure and internationals, Jackson state university.USA, Technology park» Institute for single crystals». Ukrainian-American laboratory of computational chemistry.
11. Гюнтер. Х. Введение в курс спектроскопии ЯМР / Гюнтер. Х. — М.: Мир, 1984. — 478 с.
12. Karplus H. Vicinal proton Coupling in Nuclear Magnetic Resonance / J.Amer.Chem.Soc. — 1963. — Vol. 85, № 18. — P. 2870–2871.
13. Schmidt M.W., Baldrige K.K., Boatz J.A., Elbert S.T., Gordon M.S., Jensen J.H., Koseki S., Matsunaga N., Nguyen K.A., Su S.J., Windus T.L., Dupuis M., Montgomery J.A. / J.Comput.Chem. — 1993. — № 14. — P. 1347–1363.

© Пехтерева Т.М., Суйков С.Ю., Коротких Н.И., Галат В.Ф.,  
Зимцев С.П., Папаянина Е.С., Бычков М.Л., 2011

Надійшла до редколегії 02.02.2011

УДК 547.728.1'892'23

**А.С. Толкунов, С.Л. Богза** (ИнФОУ им. Л.М. Литвиненко НАН Украины)

### НОВЫЙ УДОБНЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА 11Н-1,2,4-ТРИАЗОЛО[4,3-В][1,2]БЕНЗОДИАЗЕПИНОВ

*Предложен новый метод синтеза 11Н-1,2,4-триазоло[4,3-*b*][1,2]бензодиазепинов, основанный на взаимодействии 4-амино-3-*R*-5-(3,4-диметоксибензил)-1,2,4-триазолов с карбонильными соединениями в соляной кислоте.*

*Ключевые слова: реакция Пикте-Шпенглера, 4-амино-3-*R*-5-(3,4-диметоксибензил)-1,2,4-триазол, 11Н-1,2,4-триазоло[4,3-*b*][1,2]бензодиазепины, циклизация, соляная кислота.*

2,3-Бензодиазепины обладают разнообразными биологическими свойствами [1]. Например, препарат тофизолам проявляет анксиолитическое действие, а также используется для лечения болезни Паркинсона [2]. Препарат «Talampanel» применяется для лечения синдрома Паркинсона и эпилепсии [3].

Гетероконденсированные производные бензодиазепинов, такие как триазоло[4,3-*b*]- и имидазо[1,2-*c*][1,2]бензодиазепины, проявляют высокую антиконвульсивную активность, в некоторых тестах превосходящую активность известного лекарственного препарата Talampanel [4,5].

11Н-1,2,4-триазоло[4,3-*b*][1,2]бензодиазепины (2) получают исходя из 3,5-дигидро-4Н-2,3-бензодиазепин-4-онов (1) в две стадии (схема 1) [5-10]. Метод трудоёмок и не позволяет варьировать заместители в положении 1 бензодиазепинового цикла.

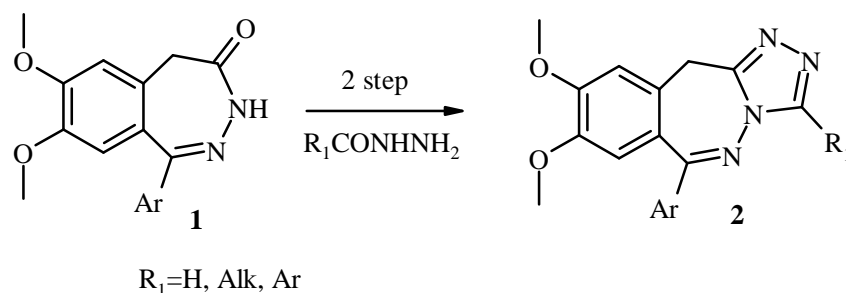


Схема 1

Цель данного исследования — разработка нового, альтернативного метода синтеза триазолодiazепиновых структур на основе реакции Пикте-Шпенглера.

### Результаты и обсуждение

Реакция Пикте-Шпенглера широко используется для синтеза конденсированных тетрагидропиридинов и азепинов. Но в химии 2,3-бензодиазепинов этот подход до настоящего исследования не использовался. Недавно нами был опубликован простой метод получения тетрагидробензо[4,5][1,2]дiazепино[7,1-b]хиназолин-14-онов, основанный на реакции Пикте-Шпенглера 3-амино-2-(3,4-диметоксибензил)хиназолин-4(3H)-она с ароматическими и алифатическими альдегидами [11].

В настоящей публикации исследована возможность применения реакции Пикте-Шпенглера для синтеза триазолобензодиазепинов. В качестве исходных соединений использовали 4-амино-3-( $R_1$ )-5-(3,4-диметоксибензил)-1,2,4-триазолы (**3-5**).

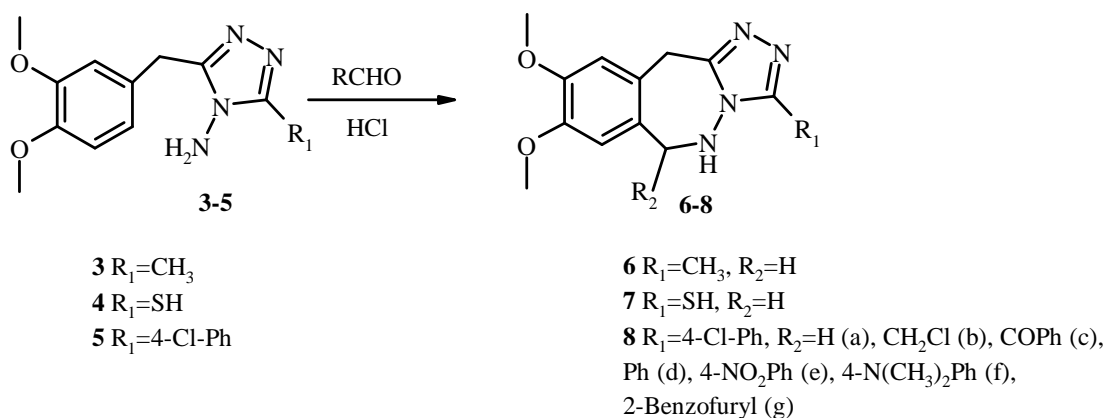
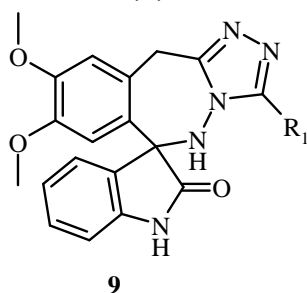


Схема 2

Аминотриазолы (**3-5**) легко реагируют с параформом, ароматическими альдегидами, ацеталем хлоруксусного альдегида, фенилглиоксалем в концентрированной соляной кислоте, давая 3-( $R_1$ )-8,9-диметокси-6-( $R_2$ )-6,11-дигидро-5H-бензо[e][1,2,4]триазоло[4,3-b][1,2]дiazепины (**6-8**). Реакция протекает через промежуточное образование азометинов (оснований Шиффа), которые можно получить нагреванием исходных аминов с ароматическими альдегидами в уксусной кислоте. Дальнейшая их циклизация в соляной кислоте приводит к конечным триазолодiazепинам.

Алифатические альдегиды (ацетальдегид, пропионовый альдегид), индол-3-альдегид, ароматические и алифатические кетоны не образуют

производных триазоло[4,3-*b*][1,2]бензодиазепинов. Изатин легко образует соответствующее спиро-производное (**9**):



Строение синтезированных соединений доказано с помощью ЯМР и масс-спектрологии.

### Экспериментальная часть

Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  записаны на приборе Bruker DRX400 (400 МГц), внутренний стандарт ТМС. Растворитель – DMSO- $\text{D}_6$ . Спектры электронной ионизации зарегистрированы на масс-спектрометре MX1321 при ионизирующем напряжении 70 В, температуре камеры ионизации 220 °С, с использованием системы прямого ввода образца.

### Общая методика получения 3-( $\text{R}_1$ )-8,9-диметокси-6-( $\text{R}_2$ )-6,11-дигидро-5*H*-бензо[*e*][1,2,4]триазоло[4,3-*b*][1,2]дiazепинов (**6-8**)

Смесь 1 ммоль аминопроизводного (**3-5**) и 1 ммоль ароматического альдегида в 4 мл соляной кислоты нагревают 7 часов при 80 °С. С параформом, хлорацеталем и фенилглиоксалем реакция обычно заканчивается уже через 1 час. Для лучшего растворения исходных соединений можно прибавлять 1-2 мл свежеперегнанного диоксана. Реакционную смесь охлаждают, разбавляют водой и нейтрализуют 10 % водным раствором аммиака до слабощелочной реакции. Оставляют стоять смесь на 1 час, после чего кристаллы отфильтровывают и промывают водой. Соединения **6**, **8a-d**, **8g** кристаллизуют из смеси ацетонитрил-диметилформаид, **8e** – из смеси ацетон-этилацетат, **8f** – из ацетона. Соединение **7** очищают переосаждением из водного раствора  $\text{K}_2\text{CO}_3$ .

3-Метил-8,9-диметокси-6,11-дигидро-5*H*-бензо[*e*][1,2,4]триазоло[4,3-*b*][1,2]дiazепин (**6**).

Получали, используя 4-амино-3-метил-5-(3,4-диметоксибензил)-1,2,4-триазол (**3**) и параформ. Выход: 55 %, разл. >210 °С,  $^1\text{H}$  ЯМР ( $\delta$ , м.д.): 3.77 - 3.79 (9H, с, 3- $\text{CH}_3$ , 8 и 9- $\text{OCH}_3$ ), 4.20 и 4.21 (4H, с,  $\text{CH}_2$ -6,  $\text{CH}_2$ -11), 6.76 (1H, с, H-7) 6.90 (1H, с, H-10).  $\text{C}_{13}\text{H}_{16}\text{N}_4\text{O}_2$ , вычислено (%): С 59.99; Н 6.20; N 21.52; найдено (%): С 60.12; Н 6.26; N 21.47.

3-Меркапто-8,9-диметокси-6,11-дигидро-5*H*-бензо[*e*][1,2,4]триазоло[4,3-*b*][1,2]дiazепин (**7**).

Получали, используя 4-амино-3-меркапто-5-(3,4-диметоксибензил)-1,2,4-триазол (**4**) и параформ. Выход: 60 %, т.пл. 218 °С,  $^1\text{H}$  ЯМР ( $\delta$ , м.д.): 3.72 и 3.77 (6H, с, 8 и 9- $\text{OCH}_3$ ), 4.14 (2H, с,  $\text{CH}_2$ -6), 4.27 (2H, с,  $\text{CH}_2$ -11), 6.58 (1H, с, H-7), 6.70 (1H, с, NH), 6.80 (1H, с, H-10), 13.35 (1H, с, SH).  $\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{N}_4\text{O}_2\text{S}$ , вычислено (%): С 51.78; Н 5.07; N 20.13; S 11.52; найдено (%): С 51.69; Н 5.05; N 20.16; S 11.49. МС (ЭИ)  $m/z=278$  ( $\text{M}^+$ , 58%).

3-(4-Хлорфенил)-8,9-диметокси-6,11-дигидро-5*H*-бензо[*e*][1,2,4]-триазоло[4,3-*b*][1,2]дiazепин (**8a**).

Получали, используя 4-амино-3-(4-хлорфенил)-5-(3,4-диметоксибензил)-1,2,4-триазол (**5**) и параформ. Выход: 55 %, т.пл. 228-230 °С, <sup>1</sup>Н ЯМР (δ, м.д.): 3.76 и 3.83 (6H, с, 8- и 9-OCH<sub>3</sub>), 4.37 (2H, уш. с., CH<sub>2</sub>-6), 4.44 (2H, с., CH<sub>2</sub>-11), 6.60 (1H, с, Н-7), 6.89 (1H, с, Н-10), 7.37 (1H, уш. с., NH), 7.50 (2H, д, J=8.0 Гц, Н-3',5'), 8.17 (2H, д, J=8.0 Гц, Н-2',6'). C<sub>18</sub>H<sub>17</sub>ClN<sub>4</sub>O<sub>2</sub>, вычислено (%): С 60.59; Н 4.80; Cl 9.94; N 15.70; найдено (%): С 60.54; Н 4.86; Cl 9.91; N 15.75. МС (ЭИ) m/z=356 (M<sup>+</sup>, 100%).

3-(4-Хлорфенил)-8,9-диметокси-6-хлорметил-6,11-дигидро-5H-бензо[e][1,2,4]триазоло[4,3-b][1,2]дiazепин (**8b**).

Получали, используя аминотриазол (**5**) и диметилацеталь хлоруксусного альдегида. Выход: 85 %, т.пл. 214-215 °С (с разл.), <sup>1</sup>Н ЯМР (δ, м.д.): 3.76 и 3.82 (6H, с, 8 и 9-OCH<sub>3</sub>), 3.86 и 3.94 (2H, два д, АВ-система, J=12.0 Гц, CH<sub>2</sub>Cl), 4.49 и 4.72 (2H, два д, АВ-система, J=16.4 Гц, CH<sub>2</sub>-11), 4.77 (1H, уш.с, СН-6), 6.81 (1H, с, Н-7), 6.92 (1H, с, Н-10), 7.58 (2H, д, J=8.0 Гц, Н-3',5'), 8.15 (1H, д, J=5.2 Гц, N), 8.29 (2H, д, J=8.0 Гц, Н-2',6'). C<sub>19</sub>H<sub>18</sub>Cl<sub>2</sub>N<sub>4</sub>O<sub>2</sub>, вычислено (%): С 56.31; Н 4.48; Cl 17.50; N 13.82; найдено (%): С 56.39; Н 4.53; Cl 17.47; N 13.85. МС (ЭИ) m/z=404 (M<sup>+</sup>, 53%).

3-(4-Хлорфенил)-8,9-диметокси-6-бензоил-6,11-дигидро-5H-бензо[e][1,2,4] триазоло[4,3-b][1,2]дiazепин (**8c**).

Получали, используя аминотриазол (**5**) и фенилглиоксаль. Выход: 80 %, т.пл. 254-256 °С, <sup>1</sup>Н ЯМР (δ, м.д.): 3.79 и 4.00 (6H, с, 8- и 9-OCH<sub>3</sub>), 4.52 (3H, уш.с, CH<sub>2</sub>-11, NH в обмене с H<sub>2</sub>O), 6.69 (1H, с, Н-10), 7.40 (3H, м, Н-3',5' и СН-6), 7.52 (2H, т, J=8.0 Гц, Н-3'',5''), 7.69 (1H, т, J=8.0 Гц, Н-4), 7.78 (2H, д, J=8.0 Гц, Н-2'',6''), 8.10 (2H, д, J=8.0 Гц, Н-2',6'), 8.26 (1H, с, Н-7). C<sub>25</sub>H<sub>21</sub>ClN<sub>4</sub>O<sub>3</sub>, вычислено (%): С 65.15; Н 4.59; Cl 7.69; N 12.16; найдено (%): С 65.07; Н 4.54; Cl 7.76; N 12.10. МС (ЭИ) m/z=443 ((M-17)<sup>+</sup>, 97%).

3-(4-Хлорфенил)-8,9-диметокси-6-фенил-6,11-дигидро-5H-бензо[e][1,2,4] триазоло[4,3-b][1,2]дiazепин (**8d**).

Получали, используя аминотриазол (**5**) и бензальдегид. Выход: 70 %, т. пл.=183-184 °С (с разл.), <sup>1</sup>Н ЯМР (δ, м.д.): 3.72 и 3.86 (6H, с, 8- и 9-OCH<sub>3</sub>), 5.02 (2H, уш. с., CH<sub>2</sub>-11), 6.75 (1H, с, Н-7), 6.85 (1H, уш. с., СН-6), 7.08 (1H, с, Н-10), 7.32-7.45 (6H, м, Н-фенил, NH), 7.56 (2H, д, J=8.0 Гц, Н-3',5'), 8.18 (2H, д, J=8.0 Гц, Н-2',6'). C<sub>24</sub>H<sub>21</sub>ClN<sub>4</sub>O<sub>2</sub>, вычислено (%): С 66.59; Н 4.89; Cl 8.19; N 12.94; найдено (%): С 66.54; Н 4.92; Cl 8.20; N 12.85. МС (ЭИ) m/z=432 (M<sup>+</sup>, 96%).

3-(4-Хлорфенил)-8,9-диметокси-6-(4-нитрофенил)-6,11-дигидро-5H-бензо[e][1,2,4] триазоло[4,3-b][1,2]дiazепин (**8e**).

Получали, используя аминотриазол (**5**) и 4-нитробензальдегид.

Выход: 60 %, т. пл.=237-238 °С, <sup>1</sup>Н ЯМР (δ, м.д.): 3.56 и 3.86 (6H, с, 8- и 9-OCH<sub>3</sub>), 4.38 и 4.58 (2H, два д, АВ-система, J=16.8 Гц, CH<sub>2</sub>-11), 5.68 (1H, с, СН-6), 6.26 (1H, с, Н-7), 6.93 (2H, д, J=8.2 Гц, Н-2'',6''), 6.96 (1H, с, Н-10), 7.28 (2H, д, J=8.2 Гц, Н-3'',5''), 7.63 (2H, д, J=8.0 Гц, Н-3',5'), 7.76 (2H, д, J=8.0 Гц, Н-2',6'), 7.89 (1H, с, NH). C<sub>24</sub>H<sub>20</sub>ClN<sub>5</sub>O<sub>4</sub>, вычислено (%): С 60.32; Н 4.22; Cl 7.42; N 14.65; найдено (%): С 60.27; Н 4.30; Cl 7.44; N 14.69. МС (ЭИ) m/z=477 (M<sup>+</sup>, 65%).

3-(4-Хлорфенил)-8,9-диметокси-6-(4-диметиламинофенил)-6,11-дигидро-5H-бензо[e][1,2,4] триазоло[4,3-b][1,2]дiazепин (**8f**).

Получали, используя аминотриазол (**5**) и 4-диметиламинобензальдегид. Выход: 55 %, т. пл.=198-200 °С (с разл.), <sup>1</sup>Н ЯМР (δ, м.д.): 2.92 (6H, с, N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), 3.70 и 3.82 (6H, с, 8- и 9-OCH<sub>3</sub>), 5.00 (2H, уш.д, CH<sub>2</sub>-11), 6.63 (3H, м, СН-6, Н-3'',5''), 6.65 (1H, с, Н-7), 7.01 (1H, с, Н-10), 7.16 (2H, д, J=8.2 Гц, Н-2'',6''), 7.39 (1H, уш.с, NH в обмене с H<sub>2</sub>O), 7.50 (2H, д, J=8.0 Гц, Н-3',5'), 8.16 (2H, д, J=8.0

Гц, Н-2',6').  $C_{26}H_{26}ClN_5O_2$ , вычислено (%): С 65.61; Н 5.51; Cl 7.45; N 14.71; найдено (%): С 65.72; Н 5.57; Cl 7.51; N 14.66. МС (ЭИ)  $m/z=475$  ( $M^+$ , 74%).

3-(4-Хлорфенил)-8,9-диметокси-6-(бензофурил-2)-6,11-дигидро-5Н-бензо[е][1,2,4]триазоло[4,3-б][1,2]дiazепин (**8g**).

Получали, используя аминотриазол (**5**) и бензофуран-2-альдегид. Выход: 83 %, т.пл. 199-200 °С,  $^1H$  ЯМР( $\delta$ , м.д.): 3.73 и 3.86 (6H, с, 8 и 9-ОСН<sub>3</sub>), 4.83 и 4.96 (2H, два д, АВ-система,  $J=22.4$  Гц, СН<sub>2</sub>-11), 6.95 (1H, с, Н-7), 7.13 (1H, с, Н-10), 7.19-7.32 (5H, м, Н-3'',5'',6''-бензофуран, NH, СН-6), 7.39 (1H, д,  $J=8.0$  Гц, Н-4''-бензофуран), 7.56-7.63 (3H, м, Н-7''-бензофуран, Н-3',5'), 8.17 (2H, д,  $J=8.0$  Гц, Н-2',6').  $C_{26}H_{21}ClN_4O_3$ , вычислено (%): С 66.03; Н 4.48; Cl 7.50; N 11.85; найдено (%): С 66.12; Н 4.49; Cl 7.46; N 11.88. МС (ЭИ)  $m/z=472$  ( $M^+$ , 26%).

Спиро-производное (**9**).

Получали, используя аминотриазол (**5**) и изатин. Выход: 40 %, т.пл. 310 °С,  $^1H$  ЯМР( $\delta$ , м.д.): 3.50 и 3.83 (6H, с, 8- и 9-ОСН<sub>3</sub>), 4.42 и 4.76 (2H, уш.д, СН<sub>2</sub>-11), 5.91 (1H, с, Н-10), 6.63 (1H, с, Н-4''), 6.87 (2H, м, Н-5'',7''), 6.94 (1H, с, NH), 7.06 (1H, м, Н-6''), 7.20 (2H, д,  $J=8.0$  Гц, Н-3',5'), 7.74 (2H, д,  $J=8.0$  Гц, Н-2',6'), 8.09 (1H, с, Н-7), 10.70 (1H, с, NH-изатин).  $C_{25}H_{20}ClN_5O_3$ , вычислено (%): С 63.36; Н 4.25; Cl 7.48; N 14.78; найдено (%): С 63.45; Н 4.37; Cl 7.52; N 14.71. МС (ЭИ)  $m/z=473$  ( $M^+$ , 100%).

### Выводы

Разработан новый удобный метод получения 3-(R1)-8,9-диметокси-6-(R2)-6,11-дигидро-5Н-бензо[е][1,2,4]триазоло[4,3-б][1,2]дiazепинов, основанный на реакции Пикте-Шпенглера 4-амино-3-(R1)-5-(3,4-диметоксибензил)-1,2,4-триазолов с параформом, хлоралифатическими, ароматическими альдегидами, а также активированными кетонами, например изатином. Метод позволяет получать разнообразно замещённые триазолодiazепины.

### Литература

1. Horvath E.J. Anxiolytic 2,3-benzodiazepines, their specific binding to the basal ganglia / Horvath E.J., Horvath K., Hamori T., Fekete M.I.K., Solyom S., Palkovits M. // *Progress in Neurobiology*. — 2000. — V. 60. — P. 309–342.
2. Andrasi F. Talampanel // *Drugs Future*. — 2001. — V. 26. — P. 754–756.
3. Donevan S.D. Rogawski M.A. GYKI 52466, a 2,3-Benzodiazepine, Is a Highly Selective, Noncompetitive Antagonist of AMPA/Kainate Receptor Responses // *Neuron*. — 1993. — № 10. — P. 51–59.
4. Szenazi G. Pharmacology and prospective therapeutic usefulness of negative allosteric modulators of AMPA receptors / . Szenazi G., Harsing L.G. *Therapeutic Strategies*. // *Drug Discovery Today*. — 2004. — № 1. — P. 69.
5. Gitto R., Zappala M., Sarro G., Chimirri A. Design and development of 2,3-benzodiazepine (CFM) noncompetitive AMPA receptor antagonists // *Farmaco*, 2002. — V. 57. — P. 129–134.
6. Chimirri A. Synthesis and Anticonvulsant Activity of New 11H-Triazolo[4,5-c][2,3]benzodiazepines / Chimirri A., Bevacqua F., Gitto R., Quartarone S., Zappala M., Sarro A., Maciocco L., Biggio G., Sarro G. // *Med. Chem. Res.* — 1999. — № 9. — P. 203–212.
7. Zappala M. Synthesis and Evaluation of Pharmacological and Pharmacokinetic Properties of 11H-[1,2,4]Triazolo[4,5-c][2,3]benzodiazepin-3(2H)-ones / Zappala M., Gitto R., Bevacqua F., Quartarone S., Chimirri A., Rizzo M., Sarro G., Sarro A. // *J. Med. Chem.* — 2000. — V. 43. — P. 4834–4839.
8. Chimirri A., Gitto R., Quartarone S., Orlando V., Sarro A., Sarro G. Synthesis and pharmacological properties of new 3-ethoxycarbonyl-11H-[1,2,4]triazolo[4,5-c][2,3]benzodiazepines // *Farmaco*, 2002. — V. 57. — P. 759–763.
9. Macchiarulo A. QSAR Study of Anticonvulsant Negative Allosteric Modulators of the AMPA Receptor / Macchiarulo A., Luca L., Costantino G., Barreca M.L., Gitto R., Pellicciari R., Chimirri A. // *J. Med. Chem.* — 2004. — V. 47. — P. 1860–1863.
10. Gitto R. Synthesis and Evaluation of Pharmacological Properties of Novel Annelated 2,3-Benzodiazepine Derivatives / Gitto R., Orlando V., Quartarone S., De Sarro G., Sarro A., Russo E., Ferreri G., Chimirri A. // *J. Med. Chem.* — 2003. — V. 46. — P. 3758–3761.

11. Толкунов А.С. Реакция Пикте–Шпенглера в синтезе конденсированных бензодиазепинов. 2. Синтез новых производных 11,12-дигидрохиназолин[3,2-с][2,3]-бензодиазепин-14(6H)-онов / А.С. Толкунов, С.Л. Богза // ХГС. — 2010. — № 6. — С. 882–893.

© Толкунов А.С., Богза С.Л., 2011

Надійшла до редколегії 05.01.2011

УДК 544.463:66.094.524.55

**С.Л. Хилько, Р.А. Макарова** (ИнФОРУ им. Л.М. Литвиненко НАН Украины)

### МЕХАНОХИМИЧЕСКОЕ СУЛЬФИРОВАНИЕ ГИДРОХИНОНА

*Показана возможность введения сульфогрупп в структуру молекул гидрохинона методом твердофазного синтеза при механическом воздействии на смесь гидрохинона и сульфита натрия в щелочной среде. Продукт реакции охарактеризован методом ИК-спектроскопии.*

*Ключевые слова: механохимические реакции, твердофазный синтез, реакция сульфирования, гидрохинон.*

Интерес к твердофазным механохимическим реакциям связан с перспективами использования в технике, особенно в области создания новых, так называемых «сухих», технологических процессов, которые более экологически безопасны и экономически выгодны по сравнению с традиционными [1].

В области исследований твердофазных процессов важное значение имеют реакции органического синтеза [2]. Была показана возможность проведения реакций галогенирования, этерификации, ацилирования и др. в высоконапряженных механохимических реакторах (наковальни Бриджмена, экструдеры, вибрационные мельницы, атриторы и др.) [2–4]. В условиях механохимического синтеза могут быть проведены и более сложные органические реакции, например, синтез оксазолидинов из β-амино-спиртов и металлоорганических альдегидов [5], механохимический синтез трис(4-имино-2-пентанонато)хрома из 4-имино-2-пентаноната натрия и хлорида хрома (III) [6], конденсация по Дильсу-Альдеру [7] и др. В приведенных работах отмечается, что механохимический способ синтеза органических соединений проще, быстрее и селективнее по сравнению с обычными методами проведения реакций.

Целью этой работы было исследование возможности проведения реакции сульфирования гидрохинона при механохимическом воздействии в вибрационном аппарате высокой энергонапряженности 75Т-ДрМ.

#### Экспериментальная часть

Объектом исследования была реакция механохимического сульфирования гидрохинона (ГОСТ 19627-74). В качестве механохимического реактора использовали вибрационный аппарат 75Т-ДрМ (Теплогорский завод гидрооборудования), основу которого составляет электродвигатель 4АА3В293 мощностью 0,55 кВт,  $n = 3000$  об/мин, частотой механических колебаний