

УДК 547.743.1

## СИНТЕЗ 2-(ДИФЕНИЛФОСФОРИЛ)ПИРРОЛИДИН-1-КАРБОКСАМИДОВ НА ОСНОВЕ РЕАКЦИИ 1-(4,4-ДИЭТОКСИБУТИЛ)МОЧЕВИН С ДИФЕНИЛХЛОРОФОСФИНОМ

© 2019 г. А. В. Смолочкин<sup>a,\*</sup>, Р. А. Турманов<sup>b</sup>, А. С. Газизов<sup>a</sup>,  
Н. О. Аппазов<sup>c</sup>, А. Р. Бурилов<sup>a</sup>, М. А. Пудовик<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Институт органической и физической химии имени А. Е. Арбузова, Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», ул. Академика Арбузова 8, Казань, 420088 Россия

\*e-mail: smolochkin@iopc.ru

<sup>b</sup> Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия

<sup>c</sup> Кызылординский государственный университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан

Поступило в Редакцию 27 мая 2019 г.

После доработки 27 мая 2019 г.

Принято к печати 31 мая 2019 г.

Реакцией 1-(4,4-диэтоксibuтил)мочевин с дифенилхлорфосфином в присутствии уксусной кислоты синтезированы новые 2-(дифенилфосфорил)пирролидин-1-карбоксамиды.

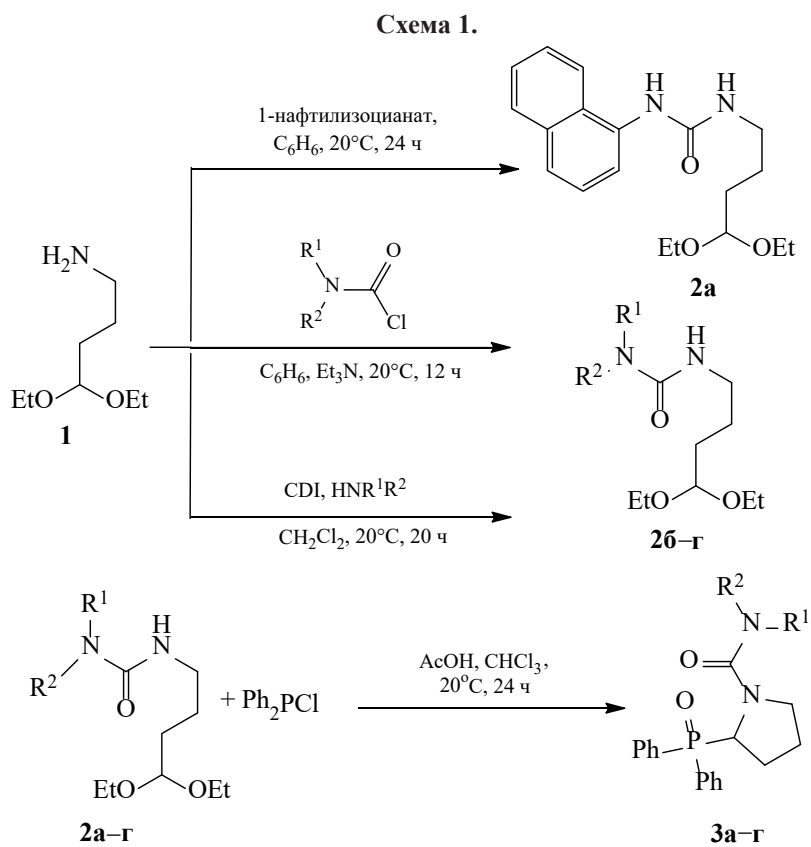
**Ключевые слова:** ацетали, дифенилхлорфосфин, 1-(4,4-диэтоксibuтил)мочевины, 2-(дифенилфосфорил)-пирролидин-1-карбоксамиды

**DOI:** 10.1134/S0044460X19100160

Одним из наиболее привлекательных классов гетероциклических соединений являются производные пирролидина, поскольку его структурный фрагмент входит в состав многих известных биологически активных соединений [1, 2]. Особый интерес вызывают производные пирролидина, имеющие в своем составе фосфорорганический фрагмент – фосфорсодержащие аналоги аминокислоты пролина. Согласно литературным данным, олигопептиды, включающие фрагмент фосфопролина, представляют интерес как ингибиторы различных протеаз [3–6]. Нуклеозид, содержащий фрагмент фосфонопирролидина, может быть использован при лечении гепатита, в частности вирусного гепатита В [7].

Известные методы синтеза фосфорсодержащих производных пирролидина могут быть разделены на два основных подхода. Первый базируется на

модификации уже имеющегося пирролидинового ядра. Наибольшее распространение в рамках этого подхода получили методы, основанные на взаимодействии производных 1-пирролина [8–10] либо тримера 1-пирролина [11–13] с гидрофосфорильными соединениями (реакция Пудовика). Основными ограничениями этого подхода являются доступность и стабильность соответствующим образом замещенных исходных производных пирролидина, многостадийность превращений, требуемых для получения целевых соединений. Второй подход включает в себя формирование пирролидинового цикла из ациклических предшественников. Чаще всего в качестве исходных соединений используются производные бутан-1-амин, содержащие фосфорильный заместитель [14–17]. Существенным недостатком этого подхода является необходимость предварительного введения в молекулы соединений-предшественников как



$\text{R}^1 = \text{H}$ ,  $\text{R}^2 = 1\text{-нафтил}$  (**а**);  $\text{R}^1 = \text{R}^2 = \text{Me}$  (**б**);  $\text{R}^1 = \text{R}^2 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2$  (**в**);  $\text{R}^1 = \text{Me}$ ,  $\text{R}^2 = \text{Ph}$  (**г**).

фосфорильного фрагмента, так и функциональных групп, обеспечивающих возможность внутри- или межмолекулярной циклизации, что усложняет синтетическую схему и приводит к снижению выхода целевого соединения.

Ранее нами был разработан новый подход к синтезу 1-карбоксамид-2-арилпирролидинов, основанный на взаимодействии фенолов с 1-(4,4-диэтоксипентил)мочевинами [18, 19]. Известно, что ацетали вступают в реакцию с дифенилхлорфосфином с образованием  $\alpha$ -алкоксифосфиноксидов [20, 21]. Мы предположили, что реакция 1-(4,4-диэтоксипентил)мочевин с дифенилхлорфосфином в присутствии кислоты приведет к  $\alpha$ -этоксифосфиноксидам, циклизация которых позволит получить 2-(дифенилфосфорил)пирролидин-1-карбоксамиды.

Синтез исходных ацеталей **2** осуществляли несколькими способами по ранее разработанным методикам (схема 1). 1-(4,4-Диэтоксипентил)-3-(нафт-1-ил)мочевина **2a** была получена ранее в результа-

те взаимодействия 4,4-диэтоксипентан-1-амина **1** с 1-нафтилизотиоцианатом [22]. Реакцией аминоацетала **1** с 1,1-диметилкарбамоилхлоридом в бензоле в присутствии триэтиламина было синтезировано соединение **2б**. Взаимодействием 4,4-диэтоксипентан-1-амина с 1,1'-карбонилдиимдазолом (CDI) с последующей обработкой морфолином и *N*-метиланилином были выделены ацетали **2в** и **2г** [23].

Взаимодействие ацетала **2a** с дифенилхлорфосфином в хлороформе в присутствии уксусной кислоты при комнатной температуре привело к образованию нового пирролидина **3a** с выходом 78% (схема 1). Дальнейшие исследования показали, что в эту реакцию вступают и мочевины **2б-г** с образованием замещенных пирролидинов **3б-г**.

Таким образом, нами был разработан новый подход к синтезу фосфорсодержащих производных пирролидина, позволяющий формировать экзоциклическую связь фосфор-углерод одновременно с замыканием пирролидинового цикла.

Предложенный метод не требует использования дорогостоящих катализаторов, реагентов и позволяет в широких пределах варьировать заместители у атома азота.

**3-(4,4-Диэтоксипентил)-1,1-диметилмочевина (2б).** Смесь 3.74 г 4,4-диэтоксипентан-1-амина **1**, 4.77 г триэтиламина, 2.5 г 1,1-диметилкарбамилхлорида и 30 мл бензола, перемешивали 2 ч. Образовавшийся осадок отфильтровывали, фильтрат упаривали в вакууме. Выход 4.69 г (87%), желтое масло. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 1.06 т (6H,  $\text{CH}_3$ ,  $^3J_{\text{HH}} = 7.1$  Гц), 1.40–1.47 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 1.48–1.54 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 2.75 с (6H,  $\text{CH}_3$ ), 3.07–3.11 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 3.33–3.39 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 3.48–3.54 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 4.35 т (1H,  $\text{CH}$ ,  $^3J_{\text{HH}} = 5.4$  Гц), 4.74 уш. с (1H, NH). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta_{\text{C}}$ , м. д.: 15.19, 15.21, 25.32, 30.97, 36.02, 40.50, 61.22, 102.78, 158.56.

**N-(4,4-Диэтоксипентил)морфолин-4-карбоксамид (2в).** Смесь 0.98 г морфолина, 2.0 г 1,1'-карбонилдиимидазола и 11 мл  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  перемешивали 48 ч, затем добавляли 1.63 г 4,4-диэтоксипентан-1-амина **1** и продолжали перемешивать еще 48 ч. Реакционную смесь промывали водой (3×10 мл), отделяли органический слой, хлористый метилен удаляли в вакууме. Выход 1.86 г (67%), желтое масло. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 1.19 т (6H,  $\text{CH}_3$ ,  $^3J_{\text{HH}} = 7.1$  Гц), 1.52–1.69 м (4H,  $\text{CH}_2$ ), 3.19 т (2H,  $\text{CH}_3$ ,  $^3J_{\text{HH}} = 6.8$  Гц), 3.34–3.42 м (4H,  $\text{CH}_2$ ), 3.49–3.55 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 3.62–3.73 м (6H,  $\text{CH}_2$ ), 4.52 т (1H,  $\text{CH}$ ,  $^3J_{\text{HH}} = 5.4$  Гц), 4.77 уш. с (1H, NH). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta_{\text{C}}$ , м. д.: 14.41, 14.43, 25.10, 30.92, 40.19, 43.93, 61.25, 66.28, 102.97, 158.94.

**3-(4,4-Диэтоксипентил)-1-метил-1-фенилмочевина (2г)** получена аналогично. Выход 58%. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 1.16 т (6H,  $\text{CH}_3$ ,  $^3J_{\text{HH}} = 7.0$  Гц), 1.44–1.70 м (4H,  $\text{CH}_2$ ), 3.15–3.23 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 3.50 с (3H,  $\text{CH}_3$ ), 3.40–3.49 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 3.49–3.52 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 4.33 т (1H,  $\text{CH}$ ,  $^3J_{\text{HH}} = 5.3$  Гц), 7.13 д (2H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ,  $^3J_{\text{HH}} = 7.1$  Гц), 7.32 т (1H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ,  $^3J_{\text{HH}} = 7.3$  Гц), 7.38 т (2H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ,  $^3J_{\text{HH}} = 7.4$  Гц).

**Общая методика синтеза 2-(дифенилфосфорил)пирролидин-1-карбоксамидов 3а–г.** Смесь мочевины **2** (1.52 ммоль), 0.39 г дифенилхлорфосфина, 10 мл хлороформа, 0.1 мл уксусной кислоты перемешивали 24 ч при 20°C, затем упаривали и промывали 5 мл диэтилового эфира.

Образовавшийся белый осадок отфильтровывали и сушили в вакууме (10 мм рт. ст.). Соединения представляют собой белые порошкообразные вещества.

**2-(Дифенилфосфорил)-N-(нафт-1-ил)пирролидин-1-карбоксамид (3а).** Выход 82%, т. пл. 169–170°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 1349, 1440, 1597, 1655, 2863, 3058. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{DMSO}-d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 1.65–1.95 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 2.10–2.28 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 3.19–3.29 м (1H,  $\text{CH}_2$ ), 3.65–3.72 м (1H,  $\text{CH}_2$ ), 5.19–5.27 м (1H,  $\text{CH}$ ), 7.33–7.39 м (1H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.39–7.44 м (1H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.45–7.50 м (2H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.51–7.55 м (3H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.56–7.62 м (3H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.65–7.69 м (1H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.70–7.78 м (1H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.81–7.86 м (2H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.88 д (1H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ,  $^3J_{\text{HH}} = 7.6$  Гц), 7.91–7.98 м (2H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ). Спектр ЯМР  $^{31}\text{P}$  ( $\text{DMSO}-d_6$ ):  $\delta_{\text{P}}$  34.46 м. д. Масс-спектр (ESI-TOF),  $m/z$ : 441 [ $M + H$ ] $^+$ . Найдено, %: C 73.79; H 5.88; N 6.23; P 6.89.  $\text{C}_{27}\text{H}_{25}\text{N}_2\text{O}_2\text{P}$ . Вычислено, %: C 73.62; H 5.72; N 6.36; P 7.03.

**2-(Дифенилфосфорил)-N,N-диметилпирролидин-1-карбоксамид (3б).** Выход 46%, т. пл. 132–133°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 1350, 1441, 1597, 1650, 2854, 3078. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 1.77–1.87 м (1H,  $\text{CH}_2$ ), 2.10–2.18 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 2.31–2.43 м (1H,  $\text{CH}_2$ ), 2.62 с (6H,  $\text{CH}_3$ ), 3.46–3.55 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 7.41–7.44 м (12H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.49–7.55 м (2H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.54–7.58 м (1H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.79–7.85 м (3H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.90–7.96 м (2H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ). Спектр ЯМР  $^{31}\text{P}$  ( $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta_{\text{P}}$  35.54 м. д. Масс-спектр (ESI-TOF),  $m/z$ : 343 [ $M + H$ ] $^+$ . Найдено, %: C 66.77; H 6.85; N 8.00; P 8.95.  $\text{C}_{19}\text{H}_{23}\text{N}_2\text{O}_2\text{P}$ . Вычислено, %: C 66.65; H 6.77; N 8.18; P 9.05.

**[2-(Дифенилфосфорил)пирролидин-1-ил]-(морфолино)метанон (3в).** Выход 73%, т. пл. 197–198°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 1349, 1440, 1595, 1654, 2794, 2864, 3007. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 1.76–1.86 м (1H,  $\text{CH}_2$ ), 2.09–2.18 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 2.30–2.39 м (1H,  $\text{CH}_2$ ), 2.96–3.05 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 3.24–3.34 м (4H,  $\text{CH}_2$ ), 3.38–3.44 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 3.46–3.53 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 5.43–5.50 м (1H,  $\text{CH}$ ), 7.39–7.43 м (2H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.44–7.48 м (2H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.49–7.51 м (1H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.76–7.82 м (2H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.85–7.92 м (3H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ). Спектр ЯМР  $^{31}\text{P}$  ( $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta_{\text{P}}$  34.68 м. д. Масс-спектр (ESI-TOF),  $m/z$ : 385 [ $M + H$ ] $^+$ . Найдено, %: C 65.80; H 6.71; N 7.04; P 7.97.  $\text{C}_{21}\text{H}_{25}\text{N}_2\text{O}_3\text{P}$ . Вычислено, %: C 65.61; H 6.56; N 7.29; P 8.00.

**2-(Дифенилфосфорил)-N-метил-N-фенилпирролидин-1-карбоксамид (3г).** Выход 58%, т. пл. 139–141°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 1348, 1441, 1597, 1654, 2778, 2863, 3037. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 1.71–1.83 м (1H,  $\text{CH}_2$ ), 1.93–2.04 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 2.07 с (3H,  $\text{CH}_3$ ), 2.19–2.27 м (1H,  $\text{CH}_2$ ), 3.46–3.52 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 5.55–5.62 м (1H, CH), 7.09 т (1H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ,  $^3J_{\text{HH}} = 7.3$  Гц), 7.17 т (2H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ,  $^3J_{\text{HH}} = 7.8$  Гц), 7.23 д (2H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ,  $^3J_{\text{HH}} = 7.6$  Гц), 7.36–4.42 м (2H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.44–4.49 м (3H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.84–7.89 м (1H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.90–7.95 м (2H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 7.98–8.04 м (2H,  $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ). Спектр ЯМР  $^{31}\text{P}$  ( $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta_{\text{p}}$  34.21 м. д. Масс-спектр (ESI-TOF),  $m/z$ : 405  $[M + H]^+$ . Найдено, %: C 71.33; H 6.39; N 7.09; P 7.54.  $\text{C}_{24}\text{H}_{25}\text{N}_2\text{O}_2\text{P}$ . Вычислено, %: C 71.27; H 6.23; N 6.93; P 7.66.

Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  получены на спектрометре Bruker Avance 600 (600 и 150 МГц соответственно) относительно сигналов остаточных протонов ДМСО- $d_6$  или  $\text{CDCl}_3$ . ИК спектры сняты на спектрометре UR-20 в интервале 400–3600  $\text{cm}^{-1}$ . Кристаллические образцы исследовали в таблетках KBr. Элементный анализ выполнен на приборе Carlo Erba марки EA 1108. Масс-спектры ионизации электрораспылением получены на масс-спектрометре AmazonX (Bruker Daltonik GmbH, Бремен, Германия). Измерения проводили в режиме регистрации положительных ионов в диапазоне  $m/z$  от 100 до 2800 Да. Температуры плавления определены в стеклянных капиллярах на приборе Stuart SMP 10.

Авторы выражают благодарность Спектрально-аналитическому центру Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук» за техническую поддержку.

#### ФОНДОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук (№ МД-585.2019.3)

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Berlinck R.G.S., Kossuga M.H. Modern Alkaloids. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2007.
- Buckingham J., Baggaley K.H., Roberts A.D., Szabo L.F. Dictionary of Alkaloids. Boca Raton: CRC Press, 2010.
- Van der Veken P., Soroka A., Brandt I., Chen Y.-S., Maes M.-B., Lambeir A.-M., Chen X., Haemers A., Scharpé S., Augustyns K., De Meester I. // J. Med. Chem. 2007. Vol. 50. P. 5568. doi 10.1021/jm701005a
- Belyaev A., Zhang X., Augustyns K., Lambeir A.-M., De Meester I., Vedernikova I., Scharpé S., Haemers A. // J. Med. Chem. 1999. Vol. 42. P. 1041. doi 10.1021/jm981033g
- Gilmore B.F., Carson L., McShane L.L., Quinn D., Coulter W.A., Walker B. // Biochem. Biophys. Res. Commun. 2006. Vol. 347. P. 373. doi 10.1016/j.bbrc.2006.06.113
- Sabidó E., Tarragó T., Niessen S., Cravatt B.F., Giralt E. // ChemBioChem. 2009. Vol. 10. P. 2361. doi 10.1002/cbic.200900244
- Das H., Wang L., Kamath A., Bukowski J.F. // Blood. 2001. Vol. 98. P. 1616. doi 10.1182/blood.V98.5.1616
- Huang S., Chen Z., Du L., Tian Q., Liu Y., Zheng Y., Liu Y. // Appl. Magn. Reson. 2015. Vol. 46. P. 489. doi 10.1007/s00723-015-0646-7
- Odinets I.L., Artyushin O.I., Lyssenko K.A., Shevchenko N.E., Nenajdenko V.G., Röschenhaler G.-V. // J. Fluor. Chem. 2009. Vol. 130. P. 662. doi 10.1016/j.jfluchem.2009.05.002
- Odinets I., Artyushin O., Shevchenko N., Petrovskii P., Nenajdenko V., Röschenhaler G.-V. // Synthesis. 2009. Vol. 4. P. 577. doi 10.1055/s-0028-1083349
- Couture A., Deniau E., Lebrun S., Grandclaude P., Carpentier J.-F. // J. Chem. Soc. Perkin Trans. 1. 1998. P. 1403. doi 10.1039/a709053f
- Borloo M., Jiao X.-Y., Wójtowicz H., Rajan P., Verbruggen C., Augustyns K., Haemers A. // Synthesis. 1995. Vol. 9. P. 1074. doi 10.1055/s-1995-4050
- Koeller K.J., Rath N.P., Spilling C.D. // Phosphorus, Sulfur, Silicon, Relat. Elem. 1995. Vol. 103. P. 171. doi 10.1080/10426509508027375
- Qian R., Horak J., Hammerschmidt F. // Phosphorus, Sulfur, Silicon, Relat. Elem. 2017. Vol. 192. P. 737. doi 10.1080/10426507.2017.1284844

15. Ramirez-Marroquin O.A., Romero-Estudillo I., Viveros-Ceballos J.L., Cativiela C., Ordonez M. // *Eur. J. Org. Chem.* 2016. Vol. 2. P. 308. doi 10.1002/ejoc.201501203
16. Chen Q., Yuan C. // *Synthesis*. 2008. Vol. 7. P. 1085. doi 10.1055/s-2008-1032127
17. Davis F.A., Wu Y., Xu H., Zhang J. // *J. Org. Lett.* 2004. Vol. 6. P. 4523. doi 10.1021/ol048157+
18. Smolobochkin A.V., Gazizov A.S., Syakaev V.V., Anikina E.A., Burilov A.R., Pudovik M.A. // *Monatsh. Chem.* 2017. P. 1433. doi 10.1007/s00706-017-1934-8
19. Gazizov A.S., Smolobochkin A. V., Voronina J.K., Burilov A.R., Pudovik M.A. // *Synth. Commun.* 2015. Vol. 45. P. 1215. doi 10.1080/00397911.2015.1011340
20. Armstrong S.K., Collington E.W., Warren S. // *J. Chem. Soc. Perkin Trans. 1.* 1994. P. 515. doi 10.1039/p19940000515
21. Maleki M., Miller A., Lever O.W. // *Tetrahedron Lett.* 1981. Vol. 22. P. 365. doi 10.1016/0040-4039(81)80100-1
22. Smolobochkin A. V., Gazizov A.S., Voronina J.K., Burilov A.R., Pudovik M.A. // *Monatsh. Chem.* 2018. Vol. 149. P. 535. doi 10.1007/s00706-017-2080-z
23. Газизов А.С., Смолобочкин А.В., Бурилов А.Р., Пудовик М.А. // *ХГС.* 2014. Т. 5. С. 769; Gazizov A.S., Smolobochkin A. V., Burilov A.R., Pudovik M.A. // *Chem. Heterocycl. Compd.* 2014. Vol. 50. P. 707. doi 10.1007/s10593-014-1524-1

## Synthesis of 2-(Diphenylphosphoryl)pyrrolidine-1-carboxamides Based on the Reaction of 1-(4,4-Diethoxybutyl)ureas with Diphenyl Chlorophosphine

A. V. Smolobochkin<sup>a, \*</sup>, R. A. Turmanov<sup>b</sup>, A. S. Gazizov<sup>a</sup>,  
N. O. Appazov<sup>c</sup>, A. R. Burilov<sup>a</sup>, and M. A. Pudovik<sup>a</sup>

<sup>a</sup> A.E. Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry, Federal Research Center "Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", ul. Akademika Arbuzova 8, Kazan, 420088 Russia  
\*e-mail: smolobochkin@iopc.ru

<sup>b</sup> Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia  
<sup>c</sup> Korkyt Ata Kyzylorda State University, Kyzylorda, Kazakhstan

Received May 27, 2019; revised May 27, 2019; accepted May 31, 2019

The reactions of 1-(4,4-diethoxybutyl)ureas with diphenyl chlorophosphine in the presence of acetic acid afforded new 2-(diphenylphosphoryl)pyrrolidine-1-carboxamides.

**Keywords:** acetals, diphenyl chlorophosphine, 1-(4,4-diethoxybutyl)ureas, 2-(diphenylphosphoryl)pyrrolidine-1-carboxamides