

УДК 547.745 + 547.836.3

ТРЕХКОМПОНЕНТНАЯ СПИРО-ГЕТЕРОЦИКЛИЗАЦИЯ ПИРРОЛДИОНОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ АМИНОИНДЕНОНОВ. СИНТЕЗ СПИРО[ДИИНДЕНО[1,2-*b*:2',1'-*e*]- ПИРИДИН-11,3'-ПИРРОЛОВ]

© 2019 г. Д. И. Антонов, М. В. Дмитриев, А. Н. Масливец*

ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
614990, Россия, г. Пермь, ул. Букирева 15
*e-mail: koh2@psu.ru

Поступила в редакцию 12 декабря 2017 г.
После доработки 12 апреля 2019 г.
Принята к публикации 22 апреля 2019 г.

4,5-Дибензоил-1*H*-пиррол-2,3-дионы и 4-бензоил-5-фенил-1*H*-пиррол-2,3-дионы реагируют с 3-арил-амино-1*H*-инден-1-онами в соотношении 1:2 с образованием замещенных спиро[дииндено[1,2-*b*:2',1'-*e*]-пиридин-11,3'-пирролов]. Кристаллическая и молекулярная структура 4',5'-дибензоил-1'-(4-метокси-фенил)-5-фенил-5*H*-спиро[дииндено[1,2-*b*:2',1'-*e*]пиридин-11,3'-пиррол]-2',10,12(1'*H*)-триона подтверждена РСА.

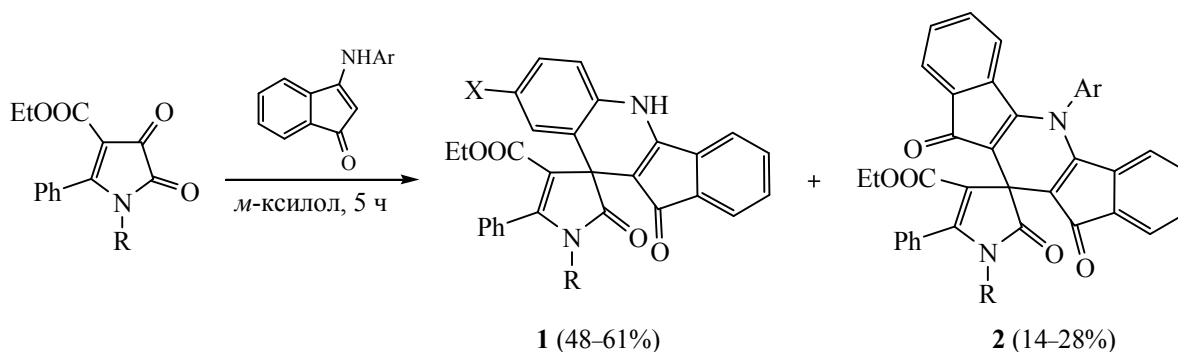
Ключевые слова: 4-бензоил-1*H*-пиррол-2,3-дионы, циклические енамины, пятичленные енамины, спиро-гетероциклизация, диинденопиридины.

DOI: 10.1134/S0514749219070024

Соединения, содержащие в своем составе инденопиридиновый фрагмент, проявляют широкий спектр биологической активности. Так, инденопиридиновые алкалоиды группы 4-азафлуоренов обладают противораковой [1], противовоспалительной [2] и цитотоксической активностью [3]. С другой стороны, соединения с фрагментом пиррол-2-она, спиро-аннелированным в 3 положении, также встречаются в природе и проявляют противовирусную, противомикробную и цитотоксическую активность [4]. Ранее нами показано, что синтез соединений **1** (схема 1), содержащих оба этих фрагмента, может быть осуществлен путем нуклеофильного [5+1] присоединения 3-ариламино-1*H*-инден-1-онов к 1*H*-пиррол-2,3-дионам в среде кипящего *m*-ксилола в течение 5 ч [5]. При этом в качестве минорных продуктов выделены соединения **2**, содержащие диинденопиридиновый фрагмент [5]. В настоящей работе нами описан способ получения аналогов соединений **2** – целевых спиро[дииндено[1,2-*b*:2',1'-*e*]пиридин-11,3'-пирролов] в качестве основных продуктов.

При взаимодействии 4,5-дибензоил-1-(4-метоксифенил)-1*H*-пиррол-2,3-диона **3a** с 3-(фениламино)-1*H*-инден-1-оном **4a** в соотношении 1:1 при кипячении в толуоле образуются лишь следовые количества целевого продукта **5a** (схема 2), зафиксированные методом ВЭЖХ-МС. При оптимизации условий этой реакции установлено, что проведение синтеза при комнатной температуре приводит к значительному увеличению выхода соединения **5a**. Из протестированных нами растворителей (хлороформ, толуол, ацетонитрил, ТГФ, диоксан, этилацетат) наилучшие результаты дает хлороформ. Использование как кислотного, так и основного катализа (трифторуксусная кислота, триэтиламин) позволяет несколько увеличить выход соединения **5a**. Взаимодействие пирролдиона **3a** с 3-(фениламино)-1*H*-инден-1-оном **4a** в стехиометрическом (1:2) соотношении приводит к уменьшению выхода соединения **5a**. Таким образом, в качестве оптимальных нами выбраны следующие условия: выдерживание раствора реагентов в соотношении 1:1 в хлороформе в присутствии трифторуксусной кислоты (10 мол %) при комнатной температуре в течение 2 суток.

Схема 1.



При взаимодействии 4,5-дibenзоил-1*H*-пиррол-2,3-дионов **3a–c** и 4-бензоил-5-фенил-1*H*-пиррол-2,3-дионов **3d, e** с *N*-арилзамещенными 1*H*-инден-1-онами **4a–c** в оптимальных условиях в течение 1–2 суток (контроль ВЭЖХ-МС) образуются 4'-бензоил-10*H*-спиро[дииндено[1,2-*b*:2',1'-*e*]пиридин-11,3'-пиррол]-2',10,12(1'*H*,5*H*)-трионы **5a–h** (схема 2), структура которых подтверждена на примере РСА соединения **5f**.

Соединения **5a–h** – ярко-красные кристаллические вещества с высокими температурами плавления, легкорастворимые в хлороформе и дихлорметане, труднорастворимые в ацетоне, ДМСО и этаноле, нерастворимые в алканах и воде.

В ИК спектрах соединений **5** присутствуют полосы валентных колебаний лактамной и кетонных карбонильных групп (1700–1750 см⁻¹ и 1660–1700 см⁻¹ соответственно).

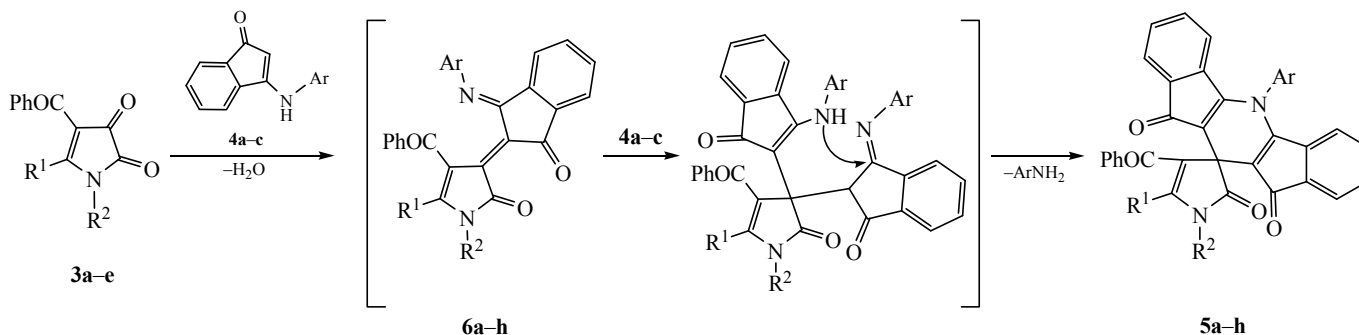
В спектрах ЯМР ¹H соединений **5a–h** из группы сигналов протонов ароматических колец выделяется дублет двух ароматических протонов

⁴H и ⁶H (5.56–5.69 м.д.). Смещение сигналов данных ароматических протонов в сильное поле происходит в результате их участия в СН-π взаимодействии с арильным заместителем при N⁵. В спектрах ЯМР ¹³C соединений **5a–h** присутствуют характерный сигнал спиро-углеродного атома (48.8–59.2 м.д.), а также сигналы атомов углерода лактамной и кетонных карбонильных групп (178.0–193.2 м.д.).

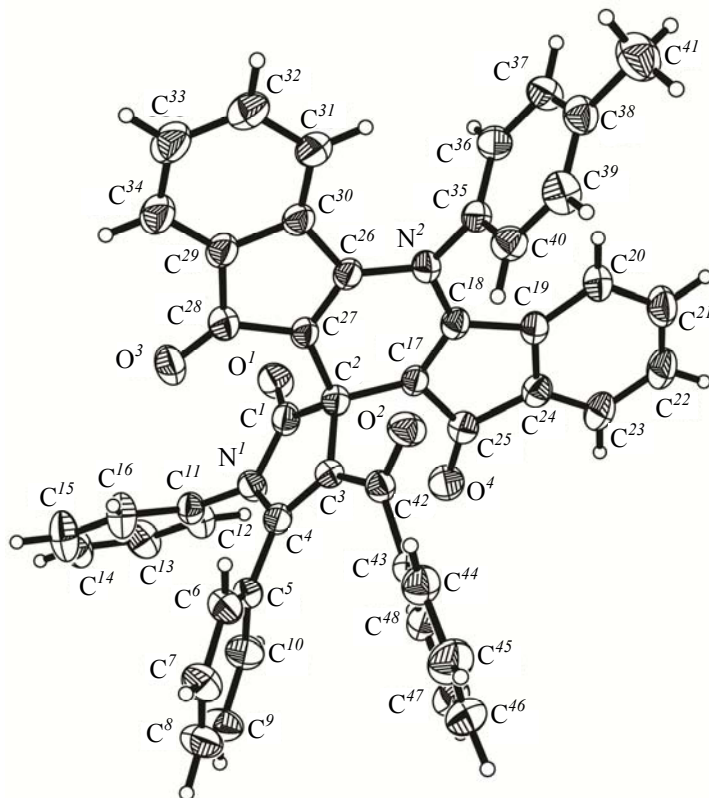
Для подтверждения структуры полученных соединений **5a–h** и установления особенностей их пространственного строения выполнен РСА соединения **5f** (см. рис.).

Две кристаллографически независимые молекулы соединения **5f** кристаллизуются в centrosymmetric пространственной группе моноклинной сингонии. Молекулы обладают близкой геометрией, на рисунке изображена одна из них. Пиррольные циклы находятся в конформации, промежуточной между конвертом и планарной формой, спиро-атомы C² и C^{2A} выходят из плоскостей остальных четырех атомов на 0.10–0.13 Å.

Схема 2.



3, R¹ = Bz, R² = C₆H₄OMe-4 (**a**), Ph (**b**), C₆H₄Me-4 (**c**); R¹ = Ph, R² = Ph (**d**), Bn (**e**); **4**, Ar = Ph (**a**); C₆H₄Me-4 (**b**); C₆H₄OMe-4 (**c**); **5, 6**, R¹ = Bz, R² = C₆H₄OMe-4, Ar = Ph (**a**); R¹ = Bz, R² = Ph, Ar = Ph (**b**); R¹ = Bz, R² = C₆H₄OMe-4, Ar = C₆H₄OMe-4 (**c**); R¹ = Bz, R² = C₆H₄OMe-4, Ar = C₆H₄Me-4 (**d**); R¹ = Bz, R² = C₆H₄OMe-4, Ar = C₆H₄OMe-4 (**e**); R¹ = Ph, R² = Ph, Ar = C₆H₄Me-4 (**f**); R¹ = Ph, R² = Bn, Ar = C₆H₄OMe-4 (**g**); R¹ = Ph, R² = Bn, Ar = Ph (**h**).



Общий вид молекулы соединения **5f** по данным РСА в тепловых эллипсоидах 30% вероятности.

Пиридиновые циклы принимают конформацию *sofa* с отклонением спиро-атомов из плоскостей остальных пяти атомов на 0.15–0.20 Å. В молекуле, изображенной на рисунке, плоские инденоновые фрагменты компланарны пиридиновому циклу, во второй молекуле – расположены под углами 6–7° к плоскости пиридина. Значимые укороченные контакты в кристаллической упаковке отсутствуют.

Образование соединений **5a–h** происходит, по-видимому, вследствие первоначальной конденсации группы β-СН енаминофрагмента енаминов **4a–c** с кетонной карбонильной группой в положении 3 пирролдионов **3a–e** и образования промежуточных пирролонов **6a–h** с последующим последовательным нуклеофильным присоединением группы β-СН и группы NH енаминофрагмента второй молекулы енаминов **4a–c** к атому углерода в положении 3 и иминогруппе пирролонов **6a–h** соответственно и отщепления ариламина.

Описанная реакция представляет собой удобный препаративный, проводимый в мягких условиях, способ синтеза труднодоступной гетероциклической системы спиро[дииндено[1,2-*b*:2',1'-*e*]пиридин-11,3'-пиррола].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры полученных соединений записаны на спектрофотометре Perkin Elmer Spectrum Two в виде пасты в вазелиновом масле. Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C записаны на спектрометре Bruker Avance III HD 400 [рабочая частота 400 (^1H) и 100 (^{13}C) МГц] в CDCl_3 , внутренний стандарт – ГМДС. Элементный анализ выполняли на анализаторе vario MICRO cube. Полноту протекания реакций определяли методом ультра-ВЭЖХ-МС на приборе Waters ACQUITY UPLC I-Class (колонка Acquity UPLC VEN C18 1.7 мкм, подвижная фаза – ацетонитрил–вода, скорость потока 0.6 мл/мин, УФ детектор ACQUITY UPLC PDA eλ Detector, масс-детектор Xevo TQD). Индивидуальность синтезированных соединений подтверждена методом ТСХ на пластинках Merck Silica gel 60 F₂₅₄, элюенты – толуол–этилацетат, 5:1, проявляли парами иода и УФ излучением 254 нм. Для колоночной хроматографии применяли Silicagel 60 (Acros Organics, 0.06–0.2 мм). Исходные пирролдионы **3** синтезировали взаимодействием соответствующих енаминов с оксалилхлоридом по ранее описанным методам [6, 7]. Замещенные аминоинденоны **4** син-

тезировали взаимодействием индан-1,3-диона с соответствующими аминами [8].

4',5'-Дибензоил-1'-(4-метоксифенил)-5-фенил-10H-спиро[дииндено[1,2-*b*:2',1'-*e*]пиридин-11,3'-пиррол]-2',10,12(1'*H*,5*H*)-трион (5a). Раствор 1.0 ммоль пирролдиона **3a**, 1.0 ммоль енамина **4a** и 0.1 ммоль трифторуксусной кислоты в безводном хлороформе выдерживали при комнатной температуре 2 сут. Растворитель упаривали на вакууме, остаток дважды перекристаллизовывали из этанола. Выход 56%, т.пл. >350°C (этанол). ИК спектр, ν , см⁻¹: 1736, 1714, 1698, 1694, 1689 (C=O). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 3.75 с (3H, OCH₃), 5.56 д (2H, C⁴H, C⁶H, *J* 7.5 Гц), 6.85–7.84 гр.с (25H_{аром}). ЯМР ¹³C, δ , м.д.: 48.8 (C^{3'}), 55.5 (OCH₃), 110.8, 114.6, 121.8, 122.1, 122.2, 127.5, 128.0, 128.6, 129.1, 129.4, 130.1, 130.5, 130.7, 131.4, 131.5, 132.0, 133.8, 134.9, 137.2, 137.4, 138.7, 141.0, 150.8, 157.7, 159.8, 178.5, 188.4 (PhC(=O)–C^{5'}), 191.1 (2C, C¹⁰=O, C¹²=O), 192.1 (PhC(=O)–C^{4'}). Найдено, %: C 79.23; H 4.07; N 3.77. C₄₉H₃₀N₂O₆. Вычислено, %: C 79.40; H 4.21; N 3.56.

Соединения **5b–e** получены аналогично.

4',5'-Дибензоил-1',5-дифенил-10H-спиро[дииндено[1,2-*b*:2',1'-*e*]пиридин-11,3'-пиррол]-2',10,12(1'*H*,5*H*)-трион (5b). Выход 51%, т.пл. > 300°C (этанол). ИК спектр, ν , см⁻¹: 1736, 1689, 1684, 1663 (C=O). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 5.57 д (2H, C⁴H, C⁶H, *J* 7.5 Гц), 6.90–7.90 гр.с (26H_{аром}). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м.д.: 48.8 (C^{3'}), 110.8, 121.8, 122.3, 122.6, 128.0, 128.1, 128.6, 128.7, 129.1, 129.3, 130.5, 130.7, 131.4, 131.6, 132.1, 133.8, 134.9, 137.2, 137.4, 138.7, 141.0, 150.3, 157.7, 178.0, 188.2 (PhC(=O)–C^{5'}), 191.1 (2C, C¹⁰=O, C¹²=O), 192.1 (PhC(=O)–C^{4'}). Найдено, %: C 80.80; H 4.05; N 4.02. C₄₈H₂₈N₂O₅. Вычислено, %: C 80.89; H 3.96; N 3.93.

4',5'-Дибензоил-1',5-ди-(4-метоксифенил)-10H-спиро[дииндено[1,2-*b*:2',1'-*e*]пиридин-11,3'-пиррол]-2',10,12(1'*H*,5*H*)-трион (5c). Выход 41%, т.пл. 283–284°C (этанол). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 3.75 с (3H, OCH₃), 3.99 с (3H, OCH₃), 5.69 д (2H, C⁴H, C⁶H, *J* 7.5), 6.85–7.75 гр.с (24H_{аром}). ЯМР ¹³C, δ , м.д.: 48.8 (C^{3'}), 55.5 (OCH₃), 56.0 (OCH₃), 110.8, 114.6, 115.0, 115.3, 121.9, 122.2, 127.6, 128.1, 128.6, 129.1, 129.4, 130.0, 130.5, 130.7, 131.1, 131.5, 131.7, 132.1, 133.9, 137.3, 137.4, 141.0, 150.8, 157.7, 158.1, 159.8, 161.6, 178.5, 188.4 (PhC(=O)–C^{5'}), 191.1 (2C, C¹⁰=O, C¹²=O), 192.1 (PhC(=O)–C^{4'}). Найдено, %: C 77.80; H 4.29; N 3.55. C₅₀H₃₂N₂O₇. Вычислено, %: C 77.71; H 4.17; N 3.62.

4',5'-Дибензоил-1'-(4-метоксифенил)-5-(4-толил)-10H-спиро[дииндено[1,2-*b*:2',1'-*e*]пиридин-11,3'-пиррол]-2',10,12(1'*H*,5*H*)-трион (5d). Выход 51%, т.пл. >350°C (этанол). ИК спектр, ν , см⁻¹: 1750, 1736, 1694, 1659 (C=O). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 2.60 с (3H, CH₃), 3.75 с (3H, OCH₃), 5.63 д (2H, C⁴H, C⁶H, *J* 7.6 Гц), 6.85–7.72 гр.с (24H_{аром}). ЯМР ¹³C, δ , м.д.: 21.7 (CH₃), 48.8 (C^{3'}), 55.5 (OCH₃), 110.8, 114.6, 121.9, 122.1, 122.2, 127.6, 128.0, 128.6, 128.6, 129.1, 129.4, 129.7, 130.0, 130.3, 130.5, 130.7, 131.0, 131.4, 131.5, 132.0, 133.8, 133.9, 136.0, 137.3, 137.4, 138.7, 141.0, 141.8, 150.8, 157.9, 159.8, 178.5, 188.4 (PhC(=O)–C^{5'}), 191.1 (2C, C¹⁰=O, C¹²=O), 192.1 (PhC(=O)–C^{4'}). Найдено, %: C 79.35; H 4.26; N 3.70. C₅₀H₃₂N₂O₇. Вычислено, %: C 79.51; H 4.37; N 3.55.

4',5'-Дибензоил-1',5-ди-(4-толил)-10H-спиро[дииндено[1,2-*b*:2',1'-*e*]пиридин-11,3'-пиррол]-2',10,12(1'*H*,5*H*)-трион (5e). Выход 50%, т.пл. > 350°C (этанол). ИК спектр, ν , см⁻¹: 1749, 1740, 1693, 1675 (C=O). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 2.29 с (3H, N^{1'}–C₆H₄–CH₃), 2.59 с (3H, C⁵–C₆H₄–CH₃), 5.62 д (2H, C⁴H, C⁶H, *J* 7.6 Гц), 6.93–7.72 гр.с (24H_{аром}). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м.д.: 21.3 (CH₃), 21.7 (CH₃), 49.0 (C^{3'}), 110.8, 121.9, 122.1, 122.4, 127.8, 128.0, 128.6, 128.6, 129.1, 129.7, 130.0, 130.0, 130.3, 130.5, 131.0, 131.5, 132.0, 132.3, 133.8, 133.8, 136.0, 137.3, 137.5, 139.0, 141.0, 141.8, 150.5, 157.9, 178.2, 188.4 (PhC(=O)–C^{5'}), 191.1 (2C, C¹⁰=O, C¹²=O), 192.1 (PhC(=O)–C^{4'}). Найдено, %: C 81.07; H 4.35; N 3.78. C₅₀H₃₂N₂O₅. Вычислено, %: C 81.40; H 4.55; N 3.52.

4'-Бензоил-5-(4-толил)-1',5'-дифенил-10H-спиро[дииндено[1,2-*b*:2',1'-*e*]пиридин-11,3'-пиррол]-2',10,12(1'*H*,5*H*)-трион (5f). Раствор 1.0 ммоль пирролдиона **3d**, 1.0 ммоль енамина **4b** и 0.1 ммоль трифторуксусной кислоты в безводном хлороформе выдерживали при комнатной температуре 2 сут. Растворитель упаривали на вакууме. Остаток разделяли при помощи колоночной хроматографии на силикагеле (элюент – дихлорметан). Выход 45%, т.пл. 348–350°C (этанол). ИК спектр, ν , см⁻¹: 1753, 1743, 1688, 1652 (C=O). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 2.61 с (3H, CH₃), 5.62 д (2H, C⁴H, C⁶H, *J* 7.5 Гц), 6.84–7.81 гр.с (25H_{аром}). ЯМР ¹³C, δ , м.д.: 21.8 (CH₃), 49.2 (C^{3'}), 111.4, 120.4, 121.8, 121.8, 127.5, 127.5, 128.0, 128.7, 128.8, 129.0, 129.4, 129.6, 129.7, 129.8, 130.4, 130.5, 131.0, 131.9, 133.8, 135.2, 136.1, 137.4, 140.2, 141.6, 155.5, 157.8, 178.8, 191.3 (2C, C¹⁰=O, C¹²=O), 193.2 (PhC(=O)–C^{4'}). Найдено, %: C 82.65; H 4.47; N 3.89. C₄₈H₃₀N₂O₄. Вычислено, %: C 82.50; H 4.33; N 4.01.

Рентгеноструктурный анализ соединения 5f выполнен с помощью монокристалльного дифрактометра Xcalibur Ruby (T 295(2) К, MoK_α -излучение, ω -сканирование с шагом 1°). Поглощение учтено эмпирически с использованием алгоритма SCALE3 ABSPACK [9]. Кристаллы моноклинной сингонии: a 32.982(4), b 9.9416(10), c 23.451(3) Å, β 110.233(14)°, V 7214.8(16) Å³, пространственная группа $P2_1/c$, Z 8. Структура расшифрована прямым методом с помощью программы SHELXS-97 [10] и уточнена полноматричным методом наименьших квадратов в анизотропном приближении для всех неводородных атомов с использованием программ SHELXL-2014 [11] и OLEX2 [12]. При уточнении атомов водорода использована модель *наездника*. Окончательные параметры уточнения: R_1 0.0627, wR_2 0.1471 [для 7843 отражений с $I > 2\sigma(I)$]; R_1 0.1472, wR_2 0.2018 (для всех 17695 независимых отражений), S 0.992.

Полный набор кристаллографических данных депонирован в Кембриджской базе структурных данных под номером CCDC 1588572 и может быть запрошен по адресу www.ccdc.cam.ac.uk.

Соединения **5g**, **h** получены аналогично.

1'-Бензил-4'-бензоил-5-(4-метоксифенил)-5'-фенил-10H-спиро[дииндено[1,2-*b*:2',1'-*e*]пиридин-11,3'-пиррол]-2',10,12(1'*H*,5*H*)-трион (5g). Выход 78%, т.пл. 274–275°C (этанол). ИК спектр, ν , см⁻¹: 1722, 1686, 1661, 1655 (C=O). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 3.99 с (3H, OCH₃), 4.79 с (2H, CH₂), 5.67 д (2H, C⁴H, C⁶H, J 7.4 Гц), 6.85–7.81 (25H_{аром}). Найдено, %: C 80.75; H 4.43; N 3.84. C₄₉H₃₂N₂O₅. Вычислено, %: C 80.95; H 4.55; N 3.65.

1'-Бензил-4'-бензоил-5',5-дифенил-10H-спиро[дииндено[1,2-*b*:2',1'-*e*]пиридин-11,3'-пиррол]-2',10,12(1'*H*,5*H*)-трион (5h). Выход 57%, т.пл. 313–314°C (этанол). ИК спектр, ν , см⁻¹: 1719, 1695, 1685, 1651 (C=O). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 4.79 с (2H, CH₂), 5.55 д (2H, C⁴H, C⁶H, J 7.5 Гц), 6.86–7.92 (26H_{аром}). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м.д.: 46.0 (CH₂), 48.8 (C³), 111.5, 120.9, 121.6, 122.0, 127.2, 127.5, 127.8, 128.5, 128.7, 129.6, 129.8, 130.1, 130.3, 131.0, 131.3, 131.9, 133.9, 137.3, 138.9, 140.4, 156.7, 157.5, 179.2, 191.1 (2C, C¹⁰=O, C¹²=O), 192.8 (PhC(=O)-C⁴). Найдено, %: C 82.50; H 4.33; N 4.01. C₄₈H₃₀N₂O₄. Вычислено, %: C 82.65; H 4.53; N 3.89.

ФОНДОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (проекты № 4.6774.2017/8.9, 4.5894.2017/7.8), РФФИ (проект № 16-43-590357) и Правительства Пермского края (конкурс научных школ, конкурс МИГ).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Manpadi M., Uglinskii P.Y., Rastogi S.K., Cotter K.M., Wong Y.-S.C., Anderson L.A., Ortega A.J., Van Slambrouck S., Steelant W.F.A., Rogelj S., Tongwa P., Antipin M.Y., Magedov I.V., Kornienko A. *Org. Biomol. Chem.* **2007**, *5*, 3865. doi 10.1039/B713820B
- Cooper K., Fray M. J., Cross P. E., Richardson K. *Par. EP 299727 A1*, **1989**.
- Miri R., Javidnia K., Hemmateenejad B., Azarpira A., Mirghofran Z. *Bioorg. Med. Chem.* **2004**, *12*, 2529. doi 10.1016/j.bmc.2004.03.032
- Morris B.D.; Prinsep M.R. *J. Nat. Prod.* **1999**, *62*, 688. doi 10.1021/np980410p
- Дмитриев М.В., Силайчев П.С., Алиев З.Г., Алдошин С.М., Масливец А.Н. *Изв. АН. Сер. хим.* **2012**, *61*, 58. [Dmitriev M.V., Silaichev P.S., Aliev Z.G., Aldoshin S.M., Maslivets A.N. *Russ.Chem.Bull., Int.Ed.* **2012**, *61*, 59.]
- Ziegler E., Kollenz G., Igel H. *Monatsh. Chem.* **1972**, *103*, 450.
- Силайчев П.С., Кудреватых Н.В., Масливец А.Н. *ЖОрХ.* **2012**, *48*, 259. [Silaichev P.S., Kudrevatykh N.V., Maslivets A.N. *Russ. J. Org. Chem.* **2012**, *48*, 249.]
- Šimůnek P., Lusková L., Svobodová M., Bertolasi V., Lyčka A., Macháček V. *Magn. Reson. Chem.* **2007**, *45*, 330. doi 10.1002/mrc.1975
- CrysAlisPro*, Agilent Technologies, Version 1.171.37.33 (release 27-03-2014 CrysAlis171 .NET).
- Sheldrick G.M. *Acta Cryst.* **2008**, *A64*, 112. doi 10.1107/S0108767307043930
- Sheldrick G.M. *Acta Cryst.* **2015**, *C71*, 3. doi 10.1107/S2053229614024218
- Dolomanov O.V., Bourhis L.J., Gildea R.J., Howard J.A.K., Puschmann H. *J. Appl. Cryst.* **2009**, *42*, 339. doi 10.1107/S0021889808042726

Three-component Spiro Heterocyclization of Pyrrolediones Under Action of Aminoindenones. Synthesis of Spiro[diindeno[1,2-*b*:2',1'-*e*]pyridine-11,3'-pyrroles]

D. I. Antonov, M. V. Dmitriev, and A. N. Maslivets*

Perm State University, 614990, Russia, Perm, ul. Bukireva 15

**e-mail: koh2@psu.ru*

Received December 12, 2017; revised April 23, 2019; accepted April 22, 2019

4,5-Dibenzoyl-1*H*-pyrrole-2,3-diones and 4-benzoyl-5-phenyl-1*H*-pyrrole-2,3-diones react with 3-arylamino-1*H*-inden-1-ones in ratio 1:2 to form substituted spiro[diindeno[1,2-*b*:2',1'-*e*]pyridine-11,3'-pyrroles]. Molecular structure of 4',5'-dibenzoyl-1'-(4-methoxyphenyl)-5-phenyl-5*H*-spiro[diindeno[1,2-*b*:2',1'-*e*]pyridine-11,3'-pyrrole]-2',10,12(1'*H*)-triones is confirmed by X-ray diffraction.

Keywords: 4-benzoyl-1*H*-pyrrole-2,3-diones, cyclic enamines, five-membered enamines, heterocyclization, diindenopyridines