

# ТРЕХКОМПОНЕНТНАЯ КОНДЕНСАЦИЯ ЦИКЛИЧЕСКИХ ЕНАМИНОКЕТОНОВ, ГИДРАТА ФЕНИЛГЛИОКСАЛЯ И АЦЕТОУКСУСНОГО ЭФИРА

© 2019 г. А. Н. Андин\*, А. А. Красногорова

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,  
690922, Россия, г. Владивосток, о. Русский, Университетский пр., корпус L  
\*e-mail: andin.an@dvfu.ru

Поступила в редакцию 14 февраля 2019 г.

После доработки 1 апреля 2019 г.

Принята к публикации 12 апреля 2019 г.

Трёхкомпонентной конденсацией циклических енаминонов, гидрата фенилглиоксаля и ацетоуксусного эфира в водно-этанольном растворе получен ряд полизамещенных функциональных производных 3,3а,4,5,6,7,8,8а-октагидро-2*H*-фууро[2,3-*b*]индола.

**Ключевые слова:** енаминоны, гидрат фенилглиоксаля, ацетоуксусный эфир, октагидро-фууро[2,3-*b*]индолы.

**DOI:** 10.1134/S0514749219090052

Мультикомпонентные конденсации – один из универсальных способов синтеза гетероциклических систем различного типа. Наиболее изучены трех- или четырехкомпонентные модификации реакции Ганча с участием метиленактивных соединений, их азотистых эквивалентов и карбонильных соединений. Продуктами таких конденсаций являются функциональные производные 1,4-дигидропиридина, пиррола и их конденсированных аналогов. В качестве метиленактивного соединения может быть использован ацетоуксусный эфир. Так, описан синтез 1,4,5,6,7,8-гексагидрохинолинов четырехкомпонентной конденсацией циклических 1,3-дикетонов, альдегидов, ацетоуксусного эфира и ацетата аммония [1, 2].

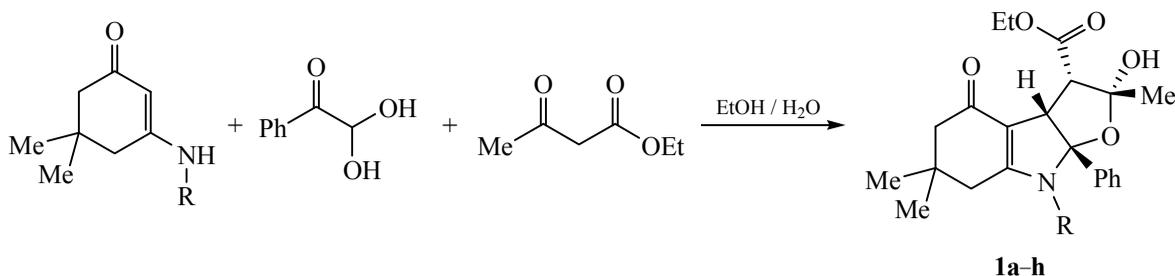
Карбонильными компонентами в подобных конденсациях также могут выступать 1,2-кетальдегиды – замещенные глиоксаля или их гидраты. Наличие дополнительной кетогруппы практически во всех случаях изменяет регионаправленность реакции, поскольку определяющим фактором здесь является возможность замыкания ароматического пиррольного цикла. Характерным примером является четырехкомпонентная конденсация 4-гидроксикумарина, арилглиоксаля, ацетоуксусного эфира и первичных аминов с образованием полизамещенных пирролов [3].

По аналогичной схеме трехкомпонентная конденсация замещенных енаминокетонов, гидратов арилглиоксаля и ряда метиленактивных соединений (циклические 1,3-дикетоны, барбитуровая кислота, малонитрил) приводит к функционализированным по положению 3 производным 4,5,6,7-тетрагидроиндола [4–7]. Соединения указанного типа также были получены в результате *N*-гетероциклизации продуктов дикетонной конденсации димедона и замещенных глиоксаля [8] и рециклизации производных октагидроксантена [9].

Нами была изучена трёхкомпонентная конденсация циклических енаминокетонов, гидрата фенилглиоксаля и ацетоуксусного эфира. Реакцию проводили в кипящем водном этаноле в течение 10–15 мин, в результате с выходами 37–67% были выделены функциональные производные 3,3а,4,5,6,7,8,8а-октагидро-2*H*-фууро[2,3-*b*]индола **1a–h** (схема 1). Вероятно, преобладающим является диастереомер с *цис*-сочленением колец, в котором объемные группы экваториальны и полуацетальный гидроксил стабилизирован внутримолекулярной водородной связью.

Предполагаемый механизм образования соединений **1a–h** включает в себя конденсацию гидрата

Схема 1.



R = Me (a), PhCH<sub>2</sub> (b), циклогексил (c), Ph (d), 4-ClC<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (e), 4-MeC<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (f), 2-MeOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (g), 4-MeOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (h).

фенилглиоксали с ацетоуксусным эфиром, сопряженное присоединение енаминона к образовавшемуся непредельному дикетоэфирю и последующую двойную циклизацию по типу домино-реакции (схема 2).

Структура полученных соединений доказана методами ИК и ЯМР-спектроскопии и масс-спектрометрии. В ИК спектрах характеристичны полосы поглощения С=О сложного эфира в области 1730–1740 см<sup>-1</sup>, С=О димедонового фрагмента около 1600 см<sup>-1</sup> и широкая полоса поглощения полуацетального гидроксила в области 3230–3390 см<sup>-1</sup>.

В спектрах ЯМР <sup>1</sup>H характеристичны дублетный сигнал протона Н<sup>3</sup> в области 3.0–3.2 м.д., мультиплетный сигнал протона Н<sup>3a</sup> в области 3.5–3.8 м.д. и синглетный сигнал протона полуацетального гидроксила в области 6.2–6.6 м.д. Четыре дублетных сигнала неэквивалентных протонов двух метиленовых групп димедонового фрагмента с геминальными КССВ 16.0–17.0 Гц находятся в диапазоне 1.9–2.7 м.д.

В спектрах ЯМР <sup>13</sup>C характеристичны сигналы атомов углерода С<sup>3a</sup> и С<sup>3</sup> при 50 и 60 м.д. соответственно, С<sup>2</sup>, С<sup>3b</sup>, С<sup>8a</sup> в области 107–110 м.д., С<sup>7a</sup> в области 165 м.д., кетонного и сложноэфирного карбониллов в области 190 и 172 м.д. соответственно.

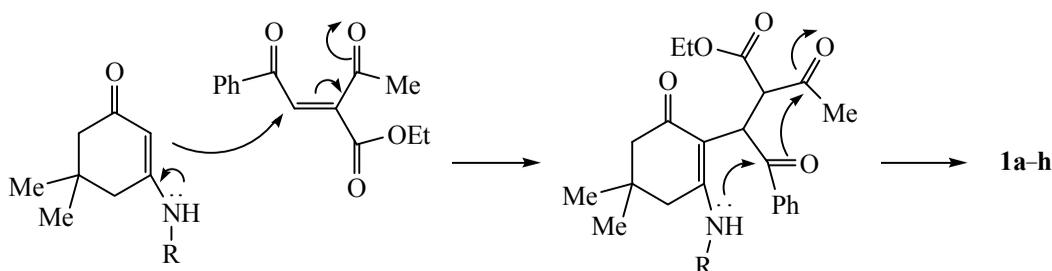
Масс-спектры представлены пиками соответствующих молекулярных ионов [M + H]<sup>+</sup>, также присутствуют пики [M + Na]<sup>+</sup>.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры веществ для запрессовок в KBr записаны на спектрофотометре Perkin Elmer Spectrum BX. Спектры ЯМР <sup>1</sup>H и <sup>13</sup>C получены на спектрометре Bruker AC-400 (рабочая частота 400 МГц). Внутренний стандарт – ТМС. Масс-спектры определены на приборе Agilent 1200 Series LC/MSD, колонка Zorbax XDB C18, размеры 2.1×150 мм, зернистость сорбента 3.5 мкм, элюент – ацетонитрил–вода, 70:30, температура детектора 50°C. Элементный анализ выполнен на CHN-анализаторе Flash EA 1112 CHN/MAS200. Контроль за ходом реакций вели методом ТСХ на сорбфиле, элюент – хлороформ–этилацетат, 1:1, проявитель – пары иода.

**Общая методика получения соединений 1a–h.** Растворили при перемешивании 1 ммоль соответствующего енаминокетона и 0.143 г (1.1 ммоль) ацетоуксусного эфира в 3 мл этанола, добавили раствор 0.167 г (1.1 ммоль) гидрата фенилглиоксали в 5 мл горячей воды и кипятили при перемешивании в течение 10–15 мин. Реакционную смесь вылили в насыщенный раствор NaCl со

Схема 2.



льдом. Выделившийся осадок отфильтровали, промыли несколько раз водой, сушили на воздухе, далее растирали с холодным диэтиловым эфиром.

**Этил-2-гидрокси-2,6,6,8-тетраметил-4-оксо-8а-фенил-3,3а,4,5,6,7,8,8а-октагидро-2H-фууро[2,3-*b*]индол-3-карбоксилат (1а).** Выход 0.185 г (46%). Светло-желтые кристаллы, т.пл. 176–177°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3225 (ОН), 1728 (C=O сложноэфирный), 1597 (C=O), 1553, 1502 (C=C аром). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м.д.: 1.04 с (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.08 с (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.09 т (3H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2$ ,  $J$  7.1 Гц), 1.49 с (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.95 д (1H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  15.6 Гц), 2.12 д (1H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  15.6 Гц), 2.23 д (1H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  16.8 Гц), 2.44 д (1H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  16.8 Гц), 2.66 с (3H,  $\text{CH}_3\text{N}$ ), 3.00 д (1H,  $\text{H}^3$ ,  $J$  1 Гц), 3.51–3.57 м (1H,  $\text{H}^{3a}$ ), 3.91–4.11 м (2H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2$ ), 6.27 с (1H, ОН), 7.12–7.52 м (5H<sub>аром</sub>). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м.д.: 14.3, 25.2, 28.3, 28.5, 29.4, 34.2, 35.9, 50.4, 55.0, 60.8, 61.2, 106.9, 107.0, 108.5, 125.8, 128.3, 128.6, 140.7, 166.9, 172.1, 188.1. Масс-спектр,  $m/z$ : 400 [ $M + \text{H}$ ]<sup>+</sup>, 422 [ $M + \text{Na}$ ]<sup>+</sup>. Найдено, %: С 69.50; Н 7.45; N 3.42.  $\text{C}_{23}\text{H}_{29}\text{NO}_5$ . Вычислено, %: С 69.15; Н 7.32; N 3.51.  $M$  399.48.

**Этил-8-бензил-2-гидрокси-2,6,6-триметил-4-оксо-8а-фенил-3,3а,4,5,6,7,8,8а-октагидро-2H-фууро[2,3-*b*]индол-3-карбоксилат (1b).** Выход 0.32 г (67%). Белые кристаллы, т.пл. 184–185°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3228 (ОН), 1729 (C=O сложноэфирный), 1591 (C=O), 1553, 1471 (C=C ароматические). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м.д.: 0.96 с (3H,  $\text{CH}_3$ ), 0.98 с (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.03 т (3H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2$ ,  $J$  7.1 Гц), 1.49 с (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.94 д (1H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  15.9 Гц), 2.01 д (1H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  17 Гц), 2.13 д (1H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  15.9 Гц), 2.20 д (1H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  17 Гц), 3.12 д (1H,  $\text{H}^3$ ,  $J$  1 Гц), 3.69–3.75 м (1H,  $\text{H}^{3a}$ ), 3.88–4.05 м (2H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2$ ), 4.20 д (1H,  $\text{CH}_2\text{N}$ ,  $J$  17 Гц), 4.35 д (1H,  $\text{CH}_2\text{N}$ ,  $J$  17 Гц), 6.46 с (1H, ОН), 7.09–7.21 м (5H<sub>аром</sub>), 7.23–7.33 м (5H<sub>аром</sub>). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м.д.: 14.2, 25.4, 28.0, 29.4, 34.5, 36.9, 46.7, 50.4, 55.2, 60.7, 61.0, 107.1, 107.6, 108.5, 125.7, 127.2, 127.5, 128.2, 128.3, 128.5, 138.3, 141.8, 166.4, 171.8, 188.8. Масс-спектр,  $m/z$ : 476 [ $M + \text{H}$ ]<sup>+</sup>, 498 [ $M + \text{Na}$ ]<sup>+</sup>. Найдено, %: С 73.50; Н 6.88; N 2.87.  $\text{C}_{29}\text{H}_{33}\text{NO}_5$ . Вычислено, %: С 73.24; Н 6.99; N 2.95.  $M$  475.58.

**Этил-2-гидрокси-2,6,6-триметил-4-оксо-8а-фенил-8-(4-хлорфенил)-3,3а,4,5,6,7,8,8а-октагидро-2H-фууро[2,3-*b*]индол-3-карбоксилат (1с).** Выход 0.25 г (54%). Светло-желтые кристаллы, т.пл. 130–132°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3388 (ОН), 1736 (C=O сложноэфирный), 1593 (C=O), 1555, 1479

(C=C ароматические). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м.д.: 0.75–1.25 м (4H,  $2\text{CH}_2$ ), 1.04 т (3H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2$ ,  $J$  7.1 Гц), 1.07 с (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.10 с (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.30–1.70 м (6H,  $3\text{CH}_2$ ), 1.48 с (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.92–2.03 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 2.12 д (1H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  15.7 Гц), 2.55 д (1H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  17 Гц), 2.90–3.02 м (1H,  $\text{CHN}$ ), 3.03 д (1H,  $\text{H}^3$ ,  $J$  1 Гц), 3.48–3.54 м (1H,  $\text{H}^{3a}$ ), 3.87–4.07 м (2H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2$ ), 6.18 с (1H, ОН), 7.20–7.50 м (5H<sub>аром</sub>). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м.д.: 14.2, 25.3, 26.4, 27.9, 29.3, 32.4, 32.8, 34.8, 38.1, 50.5, 55.3, 55.6, 60.6, 61.0, 107.0, 107.7, 108.4, 125.7, 125.8, 128.2, 142.8, 165.7, 172.0, 187.9. Масс-спектр,  $m/z$ : 468 [ $M + \text{H}$ ]<sup>+</sup>, 490 [ $M + \text{Na}$ ]<sup>+</sup>. Найдено, %: С 71.68; Н 8.11; N 3.07.  $\text{C}_{28}\text{H}_{37}\text{NO}_5$ . Вычислено, %: С 71.92; Н 7.98; N 3.00.  $M$  467.60.

**Этил-2-гидрокси-2,6,6-триметил-4-оксо-8а-дифенил-3,3а,4,5,6,7,8,8а-октагидро-2H-фууро[2,3-*b*]индол-3-карбоксилат (1d).** Выход 0.29 г (63%). Светло-желтые кристаллы, т.пл. 114–115°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3370 (ОН), 1736 (C=O сложноэфирный), 1605 (C=O), 1570, 1498 (C=C ароматические). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м.д.: 0.97 с (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.05 с (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.06 т (3H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2$ ,  $J$  7.1 Гц), 1.56 с (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.85 д (1H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  16.8 Гц), 1.96 д (1H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  15.9 Гц), 2.32 д (1H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  15.9 Гц), 2.67 д (1H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  16.8 Гц), 3.15 д (1H,  $\text{H}^3$ ,  $J$  1 Гц), 3.67–3.73 м (1H,  $\text{H}^{3a}$ ), 3.92–4.07 м (2H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2$ ), 6.58 с (1H, ОН), 7.10 т (1H<sub>аром</sub>,  $J$  7.3 Гц), 7.15 т (1H<sub>аром</sub>,  $J$  6.9 Гц), 7.19–7.31 м (8H<sub>аром</sub>). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м.д.: 14.2, 25.2, 26.8, 30.3, 35.1, 37.7, 50.6, 56.1, 60.1, 60.8, 108.0, 108.8, 109.1, 126.0, 126.7, 127.6, 128.0, 128.1, 128.9, 138.0, 141.4, 164.5, 172.0, 190.3. Масс-спектр,  $m/z$ : 462 [ $M + \text{H}$ ]<sup>+</sup>, 484 [ $M + \text{Na}$ ]<sup>+</sup>. Найдено, %: С 72.65; Н 6.91; N 2.92.  $\text{C}_{28}\text{H}_{31}\text{NO}_5$ . Вычислено, %: С 72.86; Н 6.77; N 3.03.  $M$  461.55.

**Этил-2-гидрокси-2,6,6-триметил-4-оксо-8а-фенил-8-(4-хлорфенил)-3,3а,4,5,6,7,8,8а-октагидро-2H-фууро[2,3-*b*]индол-3-карбоксилат (1е).** Выход 0.33 г (67%). Светло-желтые кристаллы, т.пл. 160–161°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3296 (ОН), 1734 (C=O сложноэфирный), 1603 (C=O), 1566, 1497 (C=C ароматические). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м.д.: 0.98 с (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.06 с (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.06 т (3H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2$ ,  $J$  7.1 Гц), 1.56 с (3H,  $\text{CH}_3$ ), 1.88 д (1H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  17 Гц), 1.97 д (1H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  15.9 Гц), 2.33 д (1H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  15.9 Гц), 2.68 д (1H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  17 Гц), 3.16 д (1H,  $\text{H}^3$ ,  $J$  1 Гц), 3.69–3.75 м (1H,  $\text{H}^{3a}$ ), 3.91–4.06 м (2H,  $\text{CH}_3\text{CH}_2$ ), 6.55 с (1H, ОН), 7.14–7.37 м (9H<sub>аром</sub>). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м.д.: 14.2, 25.2, 26.7, 30.4, 35.2, 37.6, 50.6, 56.1, 59.9, 60.8, 108.0,

108.9, 109.6, 126.0, 128.1, 128.2, 128.9, 130.9, 137.1, 141.1, 164.0, 171.9, 190.6. Масс-спектр,  $m/z$ : 496  $[M + H]^+$ , 498  $[M + 2 + H]^+$ , 518  $[M + Na]^+$ . Найдено, %: С 67.62; Н 6.02; N 2.89.  $C_{28}H_{30}ClNO_5$ . Вычислено, %: С 67.80; Н 6.10; N 2.82.  $M$  496.00.

**Этил-2-гидрокси-2,6,6-триметил-8-(4-метил-фенил)-4-оксо-8а-фенил-3,3а,4,5,6,7,8,8а-окта-гидро-2Н-фуоро[2,3-*b*]индол-3-карбоксилат (1f).** Выход 0.27 г (57%). Светло-желтые кристаллы, т.пл. 119–120°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $cm^{-1}$ : 3303 (ОН), 1737 (C=O сложноэфирный), 1600 (C=O), 1570, 1514 (C=C ароматические). Спектр ЯМР  $^1H$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м.д.: 0.96 с (3H, CH<sub>3</sub>), 1.04 с (3H, CH<sub>3</sub>), 1.06 т (3H, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>,  $J$  7.1 Гц), 1.55 с (3H, CH<sub>3</sub>), 1.83 д (1H, CH<sub>2</sub>,  $J$  16.8 Гц), 1.95 д (1H, CH<sub>2</sub>,  $J$  15.9 Гц), 2.18 с (3H, CH<sub>3</sub>), 2.30 д (1H, CH<sub>2</sub>,  $J$  15.9 Гц), 2.60 д (1H, CH<sub>2</sub>,  $J$  16.8 Гц), 3.16 д (1H, H<sup>3</sup>,  $J$  1 Гц), 3.66–3.72 м (1H, H<sup>3a</sup>), 3.91–4.06 м (2H, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>), 6.54 с (1H, ОН), 7.02 д (2H<sub>аром</sub>,  $J$  8.2 Гц), 7.13–7.28 м (7H<sub>аром</sub>). Спектр ЯМР  $^{13}C$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м.д.: 14.2, 20.9, 25.3, 26.9, 30.3, 35.0, 37.6, 50.6, 56.0, 60.1, 60.8, 108.0, 108.6, 108.7, 126.0, 127.7, 128.0, 128.1, 129.4, 135.3, 136.1, 141.5, 164.7, 172.0, 189.9. Масс-спектр,  $m/z$ : 476  $[M + H]^+$ , 498  $[M + Na]^+$ . Найдено, %: С 72.98; Н 7.10; N 3.05.  $C_{29}H_{33}NO_5$ . Вычислено, %: С 73.24; Н 6.99; N 2.95.  $M$  475.58.

**Этил-2-гидрокси-2,6,6-триметил-8-(2-метокси-фенил)-4-оксо-8а-фенил-3,3а,4,5,6,7,8,8а-окта-гидро-2Н-фуоро[2,3-*b*]индол-3-карбоксилат (1g).** Выход 0.18 г (37%). Светло-желтые кристаллы, т.пл. 168–170°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $cm^{-1}$ : 3292 (ОН), 1738 (C=O сложноэфирный), 1595 (C=O), 1564, 1501 (C=C ароматические). Спектр ЯМР  $^1H$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м.д.: 0.96 с (3H, CH<sub>3</sub>), 1.04 с (3H, CH<sub>3</sub>), 1.04 т (3H, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>,  $J$  7.1 Гц), 1.55 с (3H, CH<sub>3</sub>), 1.73 д (1H, CH<sub>2</sub>,  $J$  16.8 Гц), 1.96 д (1H, CH<sub>2</sub>,  $J$  16 Гц), 2.25 д (1H, CH<sub>2</sub>,  $J$  16 Гц), 2.32 д (1H, CH<sub>2</sub>,  $J$  16.8 Гц), 3.19 д (1H, H<sup>3</sup>,  $J$  1 Гц), 3.60 с (3H, CH<sub>3</sub>O), 3.76–3.82 м (1H, H<sup>3a</sup>), 3.88–4.04 м (2H, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>), 6.51 с (1H, ОН), 6.83–6.90 м (2H<sub>аром</sub>), 7.08–7.19 м (4H<sub>аром</sub>), 7.26 д (2H<sub>аром</sub>,  $J$  6.9 Гц), 7.71 д (1H<sub>аром</sub>,  $J$  8.1 Гц). Спектр ЯМР  $^{13}C$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м.д.: 14.2, 25.4, 27.6, 29.7, 34.8, 36.9, 50.9, 55.4, 55.7, 59.9, 60.7, 107.7, 108.3, 108.4, 112.2, 120.6, 125.9, 126.1, 127.4, 127.8, 129.2, 130.2, 141.2, 155.4, 165.7, 172.0, 189.5. Масс-спектр,  $m/z$ : 492  $[M + H]^+$ , 514  $[M + Na]^+$ . Найдено, %: С 71.08; Н 6.90; N 2.76.  $C_{29}H_{33}NO_6$ . Вычислено, %: С 70.86; Н 6.77; N 2.85.  $M$  491.58.

**Этил-2-гидрокси-2,6,6-триметил-8-(4-метокси-фенил)-4-оксо-8а-фенил-3,3а,4,5,6,7,8,8а-окта-гидро-2Н-фуоро[2,3-*b*]индол-3-карбоксилат (1h).** Выход 0.28 г (57%). Светло-желтые кристаллы, т.пл. 117–118°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $cm^{-1}$ : 3292 (ОН), 1736 (C=O сложноэфирный), 1607 (C=O), 1570, 1512 (C=C ароматические). Спектр ЯМР  $^1H$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м.д.: 0.96 с (3H, CH<sub>3</sub>), 1.03 с (3H, CH<sub>3</sub>), 1.06 т (3H, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>,  $J$  7.1 Гц), 1.55 с (3H, CH<sub>3</sub>), 1.80 д (1H, CH<sub>2</sub>,  $J$  16.8 Гц), 1.95 д (1H, CH<sub>2</sub>,  $J$  16 Гц), 2.28 д (1H, CH<sub>2</sub>,  $J$  16 Гц), 2.52 д (1H, CH<sub>2</sub>,  $J$  16.8 Гц), 3.15 д (1H, H<sup>3</sup>,  $J$  1 Гц), 3.66 с (3H, CH<sub>3</sub>O), 3.67–3.72 м (1H, H<sup>3a</sup>), 3.90–4.06 м (2H, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>), 6.56 с (1H, ОН), 6.77 д (2H<sub>аром</sub>,  $J$  8.9 Гц), 7.15–7.27 м (7H<sub>аром</sub>). Спектр ЯМР  $^{13}C$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м.д.: 14.2, 25.3, 27.1, 30.2, 34.9, 37.4, 50.6, 55.5, 55.8, 60.2, 60.8, 108.0, 108.2, 108.7, 114.0, 125.9, 128.0, 128.1, 129.6, 130.4, 141.5, 158.1, 165.2, 172.0, 189.8. Масс-спектр,  $m/z$ : 492  $[M + H]^+$ , 514  $[M + Na]^+$ . Найдено, %: С 71.12; Н 6.68; N 2.80.  $C_{29}H_{33}NO_6$ . Вычислено, %: С 70.86; Н 6.77; N 2.85.  $M$  491.58.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Arumugam P., Perumal P.T. *Indian J. Chem. B.* **2008**, *47*, 1084.
2. Nirmal J.P., Dadhaniya P.V., Patel M.P., Patel R.G. *Indian J. Chem. B.* **2010**, *49*, 587.
3. Karamthulla S., Pal S., Khan M.N., Choudhury L.H. *Synlett.* **2014**, *25*, 1926. doi 10.1055/s-0034-1378329
4. Андина А.В., Андин А.Н. *ЖОрХ.* **2015**, *51*, 1060. [Andina A.V., Andin A.N. *Russ. J. Org. Chem.* **2015**, *51*, 1043.] doi 10.1134/S1070428015070295
5. Maity S., Pathak S., Pramanik A. *Eur. J. Org. Chem.* **2014**, *2014*, 4651. doi 10.1002/ejoc.201402085
6. Wang H.-Y., Shi D.-Q. *ACS. Comb. Sci.* **2013**, *15*, 261. doi 10.1021/co4000198
7. Dommaraju Y., Borthakur S., Rajesh N., Prajapati D. *RSC Adv.* **2015**, *5*, 24327. doi 10.1039/c5ra00796h
8. Nagarajan K., Shenoy S.J., Talwalker P.K. *Ind. J. Chem.* **1989**, *28*, 326.
9. Бисениекс Э.А., Макарова Н.В., Улдрикис Я.Р., Дубур Г.Я. *ХТС.* **1988**, *24*, 507. [Bisenieks E.A., Makarova N.V., Uldrikis Ya.R., Dubur G.Ya. *Chem. Heterocycl. Compd.* **1988**, *24*, 417.] doi 10.1007/BF00478862

# Three-Component Condensation of Cyclic Enaminoketones, Phenylglyoxal Hydrate and Ethyl Acetoacetate

A. N. Andin\* and A. A. Krasnogorova

*Far Eastern Federal University, 690922, Russia, Vladivostok, Russky Island, Universitetskii pr. L*

*\*e-mail: andin.an@dvfu.ru*

Received February 14, 2019; revised April 1, 2019; accepted April 12, 2019

Polysubstituted functional derivatives of 3,3a,4,5,6,7,8,8a-octahydro-2*H*-furo[2,3-*b*]indole were obtained by three-component condensation of cyclic enaminones, phenylglyoxal hydrate and ethyl acetoacetate in aqueous ethanol solution.

**Keywords:** enaminones, phenylglyoxal hydrate, ethyl acetoacetate, octahydrofuro[2,3-*b*]indoles