

УДК 547.724 + 547.863.12 + 547.863.16

ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ СВЯЗИ C(sp³)-Н МЕТИЛЬНЫХ ЗАМЕСТИТЕЛЕЙ 2,3-ДИМЕТИЛХИНОКСАЛИНА 5-АРИЛФУРАН-2,3-ДИОНАМИ

© 2020 г. Н. В. Ельчищева^а, М. В. Дмитриев^б, В. В. Коновалова^а *

^а Институт технической химии – филиал ФГБУН «Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН», 614013, Россия, г. Пермь, ул. Академика Королева 3
*e-mail: conovalova.val@yandex.ru

^б ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», 614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева 15

Поступила в редакцию 18 сентября 2019 г.

После доработки 13 января 2020 г.

Принята к публикации 20 января 2020 г.

5-Арилфуран-2,3-дионы взаимодействуют с 2,3-диметилхиноксалином с образованием продуктов моно- и бис-С-ацилирования: (2Z,4Z)-1-арил-3,4-дигидрокси-5-(3-метилхиноксалин-2-ил)-пента-2,4-диен-1-онов и (2Z,2'Z,4Z,4'Z)-5,5'-(хиноксалин-2,3-диил)бис(1-арил-3,4-дигидроксипента-1,4-диен-3-онов) соответственно.

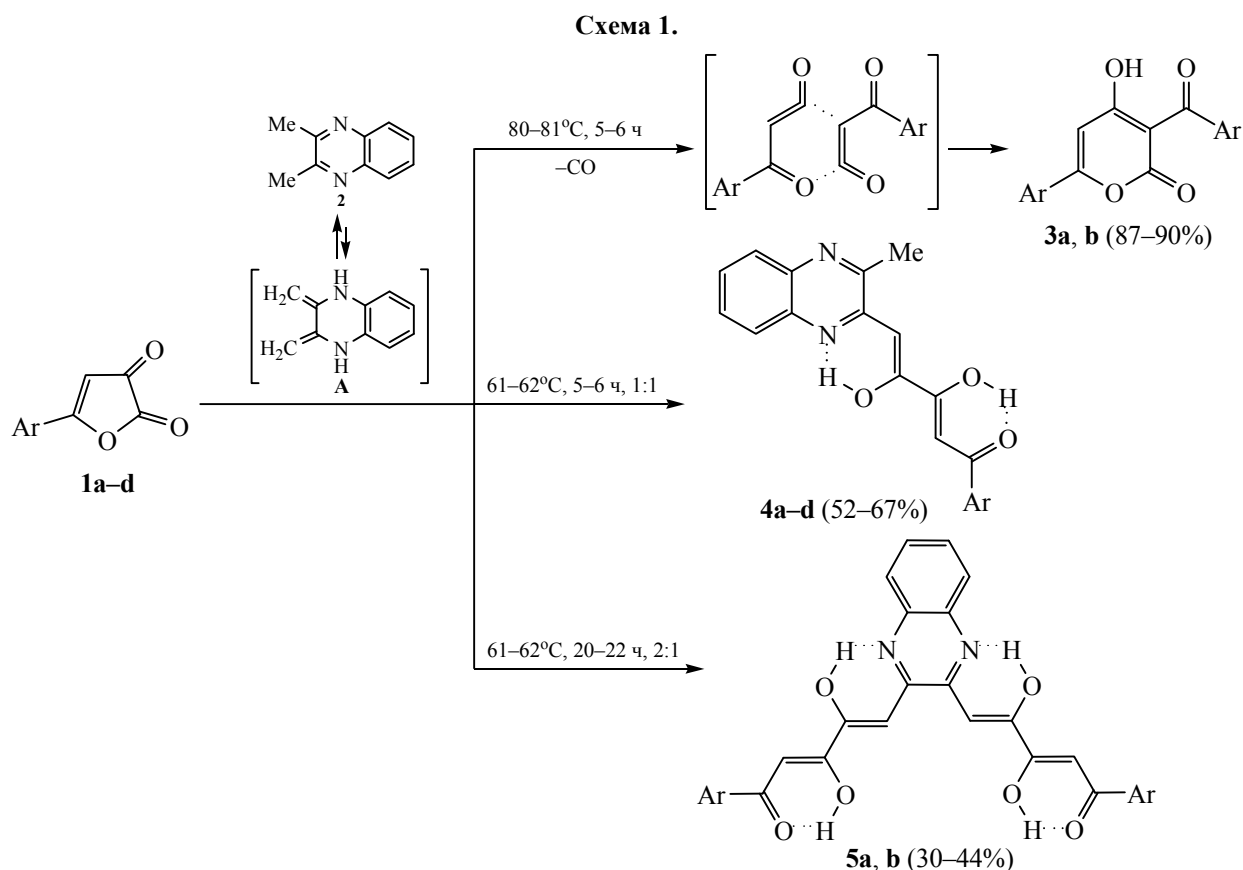
Ключевые слова: фуран-2,3-дионы, 2-алкилазаарены, 2,3-диметилхиноксалин, С-ацилирование, функционализация связи C(sp³)-Н.

DOI: 10.31857/S0514749220030076

5-Арилфуран-2,3-дионы при нагревании претерпевают термическое декарбонилирование с образованием ароилкетенов, участвующих в межмолекулярных реакциях циклоприсоединения с активными диенофилами [1, 2] и ацилирующих слабые нуклеофилы с образованием ароилацетильных производных [1, 3]. В то же время, сами фурандионы могут ацилировать нуклеофильные реагенты при температуре, ниже требуемой для генерирования ароилкетенов, с образованием ароилпирувоильных производных [1, 4]. Ранее на примере нескольких реакций нами была показана возможность ацилирования гетероциклических енаминов ряда 1-метил-3,4-дигидроизохинолина, 1-метил-2-азаспиро[4.5]дека-1,6,9-триен-8-она, 2-метил-1,3,3-триметилиндолина (основание Фишера) 5-арилфуран-2,3-дионами с образованием соответствующих ароилпирувоильных производных [5–7]. В продолжение исследований указанных реакций нами было изучено взаимодействие 5-арилфуран-2,3-дионов с одним из представителей 2-алкилазааренов – 2,3-диметилхиноксалином, который можно рассматривать как «скрытый» гетероциклический енамин, имеющий в своей скрытой

енаминоформе несколько нуклеофильных центров. Интерес к указанному взаимодействию еще вызван тем, что алкильные производные азааренов обладают широким спектром фармацевтического действия, в том числе противовоспалительной, противоопухолевой и противовирусной активностью [8–11] и их функционализация из-за малой реакционной способности алкильных групп является сложной, но весьма актуальной задачей.

Взаимодействием 5-арилфуран-2,3-дионов **1a, b** с 2,3-диметилхиноксалином **2** в соотношении 1:1 при кипячении в абсолютном бензоле в течение 2–3 ч с высокими выходами получены 2*H*-пиран-2-оны **3a, b** (схема 1), идентифицированные с заведомо известными образцами [12]. Ожидаемые продукты ацилирования соединения **4** в данном взаимодействии при выбранных нами реакционных условиях не образуются. Очевидно, формирование реакционноспособного ароилкетена и его димеризация в указанном взаимодействии проходят гораздо быстрее, чем переход 2,3-диметилхиноксалина **2** в его «скрытую» енаминоформу **A** и образование ожидаемого продукта ацилирования **4**.



Можно сделать вывод, что в отличие от взаимодействий 5-арилфуран-2,3-дионов с 1-метил-3,4-дигидроизохинолинами [5] и 1-метил-2-азаспиро [4.5]дец-1-енами [6], где образование продуктов ацилирования происходит при температуре ниже требуемой для декарбонилирования фуран-2,3-дионов и образования ароилкетенов, взаимодействие с 2,3-диметилхиноксалином требует других реакционных условий.

С целью предотвратить образование ароилкетенов в ходе реакции и дальнейшую их димеризацию, нами был изменен температурный режим взаимодействия 5-арилфуран-2,3-дионов **1** с 2,3-диметилхиноксалином **2**.

При нагревании 5-арилфуран-2,3-дионов **1a-d** с 2,3-диметилхиноксалином **2** в соотношении 1:1 в абсолютном хлороформе в течение 5-6 ч (контроль ТСХ) получены (2*Z*,4*Z*)-1-арил-3,4-дигидрокси-5-(3-метилхиноксалин-2-ил)-пента-2,4-диен-1-оны **4a-d** (схема 1). Структура соединения **4a** подтверждена данными РСА.

Соединения **4a-d** – ярко-желтые кристаллические вещества с высокими температурами плавления (плавящиеся с разложением), легко растворимы в ДМСО, ДМФА и галогеналканах, трудно растворимы в спиртах, эфирах, ароматических углеводородах, нерастворимы в воде и алканах, дают положительную пробу (вишневое окрашивание) на наличие енольных гидроксильных групп со спиртовым раствором хлорида железа(III).

В ИК спектрах соединений **4a-d** присутствуют полосы валентных колебаний двух енольных групп ОН, участвующих в образовании внутримолекулярной водородной связи (ВВС), в виде широкой полосы (3085–3117 см⁻¹), ароильной карбонильной группы в положении С¹, участвующей в образовании ВВС, в виде широкой полосы (1586–1608 см⁻¹).

В спектрах ЯМР ¹Н растворов соединений **4a-d** в CDCl₃ кроме сигналов протонов ароматических колец и связанных с ними групп присутствуют синглет трех протонов метильной группы в положении С³ хиноксалинового фрагмента (2.74–2.76 м.д.),

синглет протона группы C⁵H (6.72–6.75 м.д.), синглет протона группы C²H (7.09–7.13 м.д.), два синглета двух протонов енольных групп C⁴OH и C³OH (15.45–15.96 м.д.).

Общий вид молекулы соединения **4a** показан на рисунке.

Согласно данным РСА, соединение **4a** кристаллизуется в centrosymmetric пространственной группе моноклинной сингонии. Молекула в пределах 0.05 Å плоская, за исключением развернутого под углом 17.3° фенильного заместителя. Открытоцепной фрагмент существует в бис-енольной форме и имеет *s-цис-s-транс-s-цис*-конфигурацию с преимущественной локализацией протонов на атомах O² и O³. Обе енольные OH группы вовлечены в образование внутримолекулярных водородных связей: d(O³–H^{3A}) 0.85(4), d(O¹…H^{3A}) 1.71(4), d(O¹…O³) 2.493(5) Å, угол O¹H^{3A}O³ 153(4)°, d(O²–H²) 0.84(6), d(N¹…H²) 1.84(7), d(N¹…O²) 2.569(5) Å, угол O²H²N¹ 144(7)°. Распределение длин связей открытоцепного фрагмента свидетельствует об их сопряжении. Длина связи C⁸–N¹ [1.334(6) Å] несколько больше длины C⁷–N² [1.308(6) Å], что указывает на вовлечение хиноксалинового фрагмента в общую систему сопряжения. Значимые межмолекулярные укороченные контакты в кристалле отсутствуют.

Очевидно, что образование соединений **4** происходит в результате ацилирования группы β-СН таутомерной енаминоформы **A** соединения **2** карбонильной группой в положении C² 5-арилфуран-2,3-дионов **1** с последующим раскрытием фурандионного цикла по связи O¹–C² и обратной изомеризацией енаминоформы хиноксалинового фрагмента в иминоформу.

При взаимодействии 5-арилфуран-2,3-дионов **1d, e** с 2,3-диметилхиноксалином **2** в соотношении 2:1 при кипячении в абсолютном хлороформе в течение 20–22 ч (контроль ТСХ) по схеме, близкой к вышеописанной, получены продукты двойного ацилирования групп β-СН в положениях C² и C³ таутомерной енаминоформы **A** соединения **2** – (2*Z*,2'*Z*,4*Z*,4'*Z*)-5,5'-(хиноксалин-2,3-диил)бис(1-арил-3,4-дигидроксипента-1,4-диен-3-оны) **5a, b** (схема 1).

Соединения **5a, b** – красные кристаллические вещества с высокими температурами плавления (плавящиеся с разложением), легко растворимы в ДМСО, ДМФА и галогеналканах, трудно растворимы в спиртах, эфирах, ароматических углеводородах, нерастворимы в воде и алканах, дают

положительную пробу (вишневое окрашивание) на наличие енольных гидроксильных со спиртовым раствором хлорида железа (III).

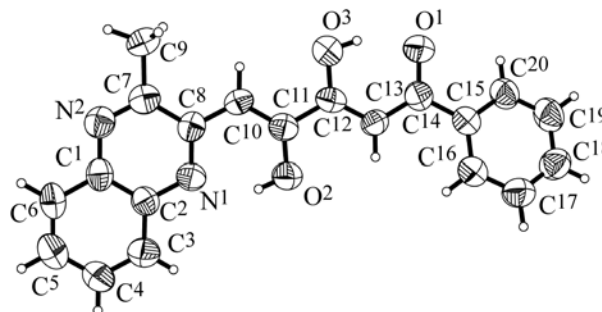
В ИК спектрах соединений **5a, b** присутствуют полосы валентных колебаний четырех енольных групп OH, участвующих в образовании ВВС, в виде широкой полосы (3089–3101 см⁻¹), двух ароматических карбонильных групп, участвующих в образовании ВВС, в виде широкой полосы (1597–1603 см⁻¹).

В спектрах ЯМР ¹H растворов соединений **5a, b** в ДМСО-*d*₆ кроме сигналов протонов ароматических колец и связанных с ними групп присутствуют синглет двух протонов групп C⁵H и C⁵H (6.45–6.62 м.д.), синглет двух протонов групп C²H и C²H (7.09–7.15 м.д.), два синглета четырех протонов енольных групп C⁴OH, C⁴OH и C³OH, C³OH (15.49–15.89 м.д.).

На основе описываемого взаимодействия разработан простой, эффективный и экономичный метод прямой функционализации связи C(sp³)-Н метильных заместителей 2,3-диметилхиноксалина, не требующий использования труднодоступных, дорогих и опасных реагентов и растворителей. Стоит отметить, что преимуществом данного метода является возможность получения продуктов как моно-, так и бис-С-ацилирования 2,3-диметилхиноксалина 5-арилфуран-2,3-дионом с хорошими выходами.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры полученных соединений записаны на ИК-Фурье спектрометре IFS 66 (Bruker) в виде пасты в вазелиновом масле. Спектры ЯМР ¹H и ¹³C сняты на спектрометре Mercury-300BB (рабочая частота 300 МГц) в CDCl₃–ДМСО-*d*₆, внутренний



Общий вид молекулы (2*Z*,4*Z*)-3,4-дигидрокси-5-(3-метилхиноксалин-2-ил)-1-фенилпента-2,4-диен-1-она **4a**.

стандарт – ГМДС. Элементный анализ на С, Н, N синтезированных соединений выполнен на LECO CHNS-932 анализаторе. Индивидуальность синтезированных соединений подтверждена методом тонкослойной хроматографии на пластинках Sorbfil, элюенты – этилацетат–бензол (1:5), этилацетат; хроматограммы проявляли парами йода.

3-Бензоил-4-гидрокси-6-фенил-2H-пиран-2-он (3a). Раствор 1.0 ммоль 5-фенилфуран-2,3-диона **1a** и 1.0 ммоль 2,3-диметилхиноксалина **2** в 20 мл абсолютного бензола кипятили 2 часа, охлаждали, выпавший осадок соединения **3a** отфильтровывали. Выход 90%, т.пл. 170–171°C (из бензола). Лит. т.пл. 170–171°C [12]. ИК спектр, ν , см⁻¹: 3093 ш (ОН), 1732 (C²=O), 1621 (COPh). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 6.86 с (1H, C⁵H), 7.41–7.96 м (10H, 2Ph), 15.93 уш.с (1H, OH).

Соединение **3b** синтезировали аналогично.

4-Гидрокси-6-(4-толил)-3-(4-толуоил)-2H-пиран-2-он (3b). Выход 87%, т.пл. 194–195°C (из бензола). Лит. т.пл. 193–194°C [12].

(2Z,4Z)-3,4-Дигидрокси-5-(3-метилхиноксалин-2-ил)-1-фенилпента-2,4-диен-1-он (4a). Раствор 1.0 ммоль 5-фенилфуран-2,3-диона **1a** и 1.0 ммоль 2,3-диметилхиноксалина **2** в 15 мл абсолютного хлороформа кипятили 6 ч, охлаждали, выпавший осадок соединения **4a** отфильтровывали. Выход 64%, т.пл. 182–183°C (разл., ацетон). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3085 ш [ОН во внутримолекулярной водородной связи (ВВС)], 1598 (COPh в ВВС). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 2.74 с (3H, Me), 6.72 с (1H, C⁵H), 7.13 с (1H, C²H), 7.45–8.03 гр.с (9H, Ph + C₆H₄), 15.57 уш.с (1H, C⁴OH), 15.90 с (1H, C³OH). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м.д.: 22.40 (Me), 91.94 (C⁵), 94.09 (C²), 121.56–148.89 (C_{аром}), 154.82 (C²хинокс.), 170.91, 177.67 (C³OH, C⁴OH), 189.43 (C¹=O). Найдено, %: С 72.20; Н 4.97; N 8.30. C₂₀H₁₆N₂O₃. Вычислено, %: С 72.28; Н 4.85; N 8.43.

Рентгеноструктурный анализ соединения (4a) выполнен на монокристалльном дифрактометре Xcalibur R с CCD-детектором по стандартной методике (MoK_α-излучение, 295(2) К, ω -сканирование, шаг сканирования 1°) [13]. Поглощение учтено эмпирически с использованием алгоритма SCALE3 ABSPACK [13]. Кристаллы принадлежат к моноклинной сингонии: *a* 4.533(2), *b* 21.306(10), *c* 16.953(10) Å, β 92.17(4)°, *V* 1636.2(15) Å³, *Z* 4, пространственная группа *P*2₁/с. На углах рассеяния 3.07° < θ < 29.48° собрано 8253 отражений. Завер-

шенность эксперимента для $\theta < 26.00^\circ$ 99.8%. Структура расшифрована прямым методом и уточнена с использованием программного пакета SHELX97 [14] в анизотропном приближении для неводородных атомов. Атомы водорода включены в уточнение в модели *наездника* в изотропном приближении с зависимыми тепловыми параметрами, за исключением атомов водорода групп ОН, уточненных независимо в изотропном приближении с нормированными на величину 0.82 Å длинами связей О–Н с помощью ограничений типа DFIX. Окончательные параметры уточнения: *R*₁ 0.0873, *wR*₂ 0.1708 [для 1131 отражений с *I* > 2 σ (*I*)], *R*₁ 0.2827, *wR*₂ 0.2376 (для всех 3852 независимых отражений), *S* 0.921, $\Delta\rho$ 0.240/–0.203 еА⁻³.

Полный набор кристаллографических данных депонирован в Кембриджской базе структурных данных под номером CCDC 1949993 и может быть запрошен по адресу www.ccdc.cam.ac.uk.

Соединения **4b–d** синтезировали аналогично.

(2Z,4Z)-3,4-Дигидрокси-1-(4-метилфенил)-5-(3-метилхиноксалин-2-ил)-пента-2,4-диен-1-он (4b). Выход 67%, т.пл. 170–171°C (разл., ацетон). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3111 ш (ОН в ВВС), 1608 (COC₆H₄Me-4 в ВВС). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 2.42 с (3H, C₆H₄Me-4), 2.75 с (3H, Me), 6.73 с (1H, C⁵H), 7.12 с (1H, C²H), 7.27–7.95 м (8H, 2C₆H₄), 15.61 уш.с (1H, C⁴OH), 15.96 с (1H, C³OH). Найдено, %: С 72.70; Н 5.30; N 7.93. C₂₁H₁₈N₂O₃. Вычислено, %: С 72.82; Н 5.24; N 8.09.

(2Z,4Z)-3,4-Дигидрокси-5-(3-метилхиноксалин-2-ил)-1-(4-хлорфенил)-пента-2,4-диен-1-он (4c). Выход 58%, т.пл. 184–186°C (разл., ацетон). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3117 ш (ОН в ВВС), 1592 (COC₆H₄Cl-4 в ВВС). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 2.76 с (3H, Me), 6.75 с (1H, C⁵H), 7.10 с (1H, C²H), 7.45–7.98 м (8H, 2C₆H₄), 15.45 уш.с (1H, C⁴OH), 15.75 с (1H, C³OH). Найдено, %: С 65.52; Н 4.08; N 7.67. C₂₀H₁₅ClN₂O₃. Вычислено, %: С 65.49; Н 4.12; N 7.64.

(2Z,4Z)-1-(4-Бромфенил)-3,4-дигидрокси-5-(3-метилхиноксалин-2-ил)-пента-2,4-диен-1-он (4d). Выход 52%, т.пл. 185–187°C (разл., ацетон). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3112 ш (ОН в ВВС), 1586 (COC₆H₄Br-4 в ВВС). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 2.76 с (3H, Me), 6.75 с (1H, C⁵H), 7.09 с (1H, C²H), 7.53–7.91 м (8H, 2C₆H₄), 15.50 уш.с (1H, C⁴OH), 15.75 с (1H, C³OH). Найдено, %: С 58.53; Н 3.61; N 6.95. C₂₀H₁₅BrN₂O₃. Вычислено, %: С 58.41; Н 3.68; N 6.81.

(2Z,2'Z,4Z,4'Z)-5,5'-(Хиноксалин-2,3-диил)бис-[3,4-дигидрокси-1-(4-хлорфенил)пента-1,4-диен-3-он] (5a). Раствор 2.0 ммоль 5-(4-хлорфенил)фуран-2,3-диона **1d** и 1.0 ммоль 2,3-диметилхиноксалина **2** в 20 мл абсолютного хлороформа кипятили 20 ч, охлаждали, выпавший осадок соединения **5a** отфильтровывали. Выход 30%, т.пл. 185–186°C (разл., ацетон). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3089 ш (ОН в ВВС), 1597 (2СОС₆H₄Cl-4 в ВВС). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 6.62 с (2H, C⁵H, C^{5'}H), 7.09 с (2H, C²H, C^{2'}H), 7.39–7.99 м (12H, 3C₆H₄), 15.49 уш.с (2H, C⁴OH, C^{4'}OH), 15.81 с (2H, C³OH, C^{3'}OH). Найдено, %: С 62.67; Н 3.46; N 4.84. С₃₀H₂₀Cl₂N₂O₆. Вычислено, %: С 62.62; Н 3.50; N 4.87.

Соединение **5b** синтезировали аналогично.

(2Z,2'Z,4Z,4'Z)-5,5'-(Хиноксалин-2,3-диил)бис-[1-(4-бромфенил)-3,4-дигидрокси-пента-1,4-диен-3-он] (5b). Выход 44%, т.пл. 209–211°C (разл., ацетон). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3101 ш (ОН в ВВС), 1603 (2СОС₆H₄Br-4 в ВВС). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 6.45 с (2H, C⁵H, C^{5'}H), 7.15 с (2H, C²H, C^{2'}H), 7.36–7.98 м (12H, 3C₆H₄), 15.50 уш.с (2H, C⁴OH, C^{4'}OH), 15.89 с (2H, C³OH, C^{3'}OH). Найдено, % С 54.26; Н 2.94; N 4.29. С₃₀H₂₀Br₂N₂O₆. Вычислено, %: С 54.24; Н 3.03; N 4.22.

ФОНДОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-03-00013).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрейчиков Ю.С., Гейн В.Л., Залесов В.В., Козлов А.П., Колленц Г., Масливец А.Н., Пименова Е.В., Шуруп С.Н. *Химия пятичленных 2,3-диоксогетероциклов*, Пермь, изд-во Перм. ун-та. **1994**, 211.
2. Некрасов Д.Д., Шуруп С.Н. *ХГС*. **2005**, 1490–1501. [Nekrasov D.D., Shurov S.N. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2005**, *41*, 1245–1254.] doi 10.1007/s10593-005-0310-5
3. Новиков А.А., Востров Е.С., Масливец А.Н. *ЖОрХ*. **2005**, *41*, 1255–1256. [Novikov A.A., Vostrov E.S., Maslivets A.N. *Russ. J. Org. Chem.* **2005**, *41*, 1234–1235.] doi 10.1007/s11178-005-0325-5
4. Андрейчиков Ю.С., Воронова Л.А., Милютин А.В. *ЖОрХ*. **1979**, *15*, 847–850.
5. Халтурина В.В., Шкляев Ю.В., Алиев З.Г., Масливец А.Н. *ЖОрХ*. **2009**, *45*, 743–748. [Khalturina V.V., Shklyayev Yu.V., Aliev Z.G., Maslivets A.N. *Russ. J. Org. Chem.* **2009**, *45*, 728–734.] doi 10.1134/S1070428009050145
6. Коновалова В.В., Рожкова Ю.С., Шкляев Ю.В., Слепухин П.А., Масливец А.Н. *ЖОрХ*. **2014**, *50*, 1798–1801. [Konovalova V.V., Rozhkova Yu.S., Shklyayev Yu.V., Slepukhin P.A., Maslivets A.N. *Russ. J. Org. Chem.* **2014**, *50*, 1779–1782.] doi 10.1134/S1070428014120112
7. Халтурина В.В., Шуруп С.Н., Масливец А.Н. *ЖОрХ*. **2009**, *45*, 958–959. [Khalturina V.V., Shurov S.N., Maslivets A.N. *Russ. J. Org. Chem.* **2009**, *45*, 946–947.] doi 10.1134/S107042800906027X
8. Houghton P.J., Woldemariam T.Z., Watanabe T., Yates M. *Planta Medica*. **1999**, *65*, 250–254. doi 10.1055/s-1999-13988
9. Michael J.P. *Nat. Prod. Rep.* **2000**, *17*, 603–620. doi 10.1039/A904850B
10. Jacquemond-Collet I., Benoit-Vical F., Valentin M.A., Stanislas E., Mallie M., Fouraste I. *Planta Medica*. **2002**, *68*, 68–69. doi 10.1055/s-2002-19869
11. Solomon V.R., Lee H. *Curr. Med. Chem.* **2011**, *18*, 1488–1508. doi 10.2174/092986711795328382
12. Андрейчиков Ю.С., Налимова Ю.А., Плахина Г.Д., Сараева Р.Ф., Тендрякова С.П. *ХГС*. **1975**, 1468–1470. [Andreichikov Yu.S., Nalimova Yu.A., Plakhina G.D., Saraeva R.F., Tendryakova S.P. *Chem. Heterocycl. Compd.* **1975**, 1252–1254.] doi 10.1007/BF00474446
13. *CrysAlis CCD*, Oxford Diffraction Ltd., Version 1.171.29.9 (release 23-03-2006 CrysAlis171.NET).
14. Sheldrick G.M. *Acta Cryst.* **2008**, *A64*, 112–122. doi 10.1107/S0108767307043930

Functionalization of C(sp^3)–H Bond of Methyl Substituents in 2,3-Dimethylquinoline with 5-Arylfuran-2,3-diones

N. V. El'chishcheva^a, M. V. Dmitriev^b, and V. V. Konovalova^{a,*}

^a Institute of Technical Chemistry, Ural Branch, Russian Academy of Sciences,
614013, Russia, Perm, ul. Akademika Koroleva 3

*e-mail: konvalova.val@yandex.ru

^b Perm State National Research University, 614068, Russia, Perm, ul. Bukireva 15

Received September 18, 2019; revised January 13, 2020; accepted January 20, 2020

5-Arylfuran-2,3-diones react with 2,3-dimethylquinoxaline affording products of mono- and bis-C-acylation: (2Z,4Z)-1-aryl-3,4-dihydroxy-5-(3-methylquinoxalin-2-yl)-penta-2,4-dien-1-ones and (2Z,2'Z,4Z,4'Z)-5,5'-(quinoxalin-2,3-diyl)bis(1-aryl-3,4-dihydroxypent-1,4-dien-3-ones) respectively.

Keywords: furan-2,3-diones, 2-alkylazaarenes, 2,3-dimethylquinoxaline, C-acylation, functionalization of C(sp^3)–H bond