

СИНТЕЗ И ТВЕРДОФАЗНАЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ ИЛИДЕНПРОИЗВОДНЫХ ТРИМЕРА МАЛОНОНИТРИЛА В ВОДНОЙ СРЕДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ

© 2021 г. И. Н. Бардасов^{а, *}, А. Ю. Алексеева^а, Е. А. Мельник^б, А. И. Ершова^а, О. В. Ершов^а

^а ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»,
Россия, 428015 Чебоксары, Московский просп., 15
*e-mail: bardasov.chem@mail.ru

^б ФГБУН «Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН»,
Россия, 119991 Москва, Ленинский просп., 31

Поступила в редакцию: 24.02.2021 г.

После доработки 10.03.2021 г.

Принята к публикации 14.03.2021 г.

Калиевые соли иденпроизводных тримера малонитрила были получены в результате взаимодействия ароматических альдегидов и производных коричневого альдегида с тримером малонитрила в водной среде с использованием ультразвукового облучения. Исследование твердофазной флуоресценции показало, что максимум испускания полученных солей в зависимости от заместителя располагается в диапазоне 528–740 нм.

Ключевые слова: тример малонитрила, ультразвуковое облучение, реакция Кнёвенагеля, полициано-анионы

DOI: 10.31857/S0514749221070053

ВВЕДЕНИЕ

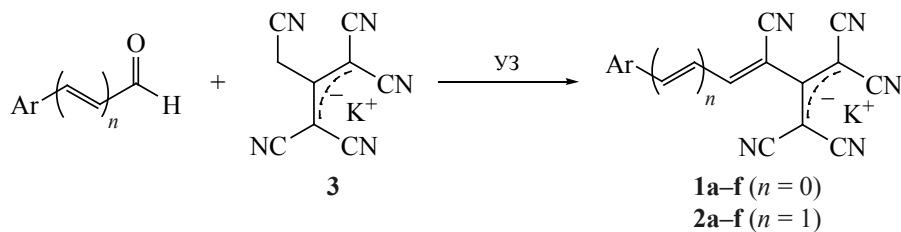
Соединения, содержащие 1,1,3,3-тетрациано-пропенидный фрагмент, представляют большой интерес как благодаря большому синтетическому потенциалу при синтезе пяти- и шестичленных гетероциклов, в том числе аннелированных [1–5], так и благодаря наличию термо- и фотохромных [6], полупроводниковых [7], магнитных [6, 8] и хемосенсорных [9] свойств. Ранее нами сообщалось о получении (*Z*)-4-арил-2-(дицианометил)-1,1,3-трицианобут-3-ен-1-идов **1** и (*3Z,5E*)-6-арил-2-(дицианометил)-1,1,3-трицианогекса-3,5-диен-1-идов **2** методом вовлечения ароматических [9] и коричневых альдегидов [10] в реакцию Кнёвенагеля с калиевой солью тримера малонитрила **3** в среде пропанола-2 или в водной среде с использова-

нием поверхностно-активных веществ, например, Оксипав АП [11]. В ходе исследования оптических свойств соединений **1** и **2** было выяснено, что они не флуоресцируют в растворах, за исключением соединений, содержащих диметиламиногруппу в бензольном кольце [10, 11]. В данной работе нами представлен способ получения соединений **1** и **2** в водной среде с использованием ультразвукового облучения и исследование их флуоресцентных свойств в твердом состоянии.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Реакцию проводили при комнатной температуре с добавлением основного катализатора, без которого реакция не протекала. Целевые соединения **1a–h** и **2a–d** были выделены с выходом 68–95% после перекристаллизации в воде (схема 1).

Схема 1



- 1, Ar = Ph (a), 2-ClC₆H₄ (b), 2-MeOC₆H₄ (c), 4-MeOC₆H₄ (d), 3,4-(MeO)₂C₆H₃ (e),
2,3,4-(MeO)₂C₆H₂ (f), 3-MeO-4-HOC₆H₃ (g), 4-(CH₃)₂NC₆H₄ (h);
2, Ar = Ph (a), 2-MeOC₆H₄ (b), 4-MeOC₆H₄ (c), 4-(CH₃)₂NC₆H₄ (d).

Количественные выходы наблюдались лишь при использовании незамещенных или замещенных донорными заместителями альдегидов. Реакции с использованием нитрозамещенных альдегидов независимо от положения заместителя приводили к резкому снижению выходов целевых соединений, что позволяет утверждать, что в данном случае подход с использованием ультразвука неприменим.

Соединения **1** и **2** обладают интенсивной флуоресценцией в твердом состоянии. Максимумы флуоресценции соединений **1** располагаются в диапазоне 528–597 нм и зависят от заместителей в бензольном кольце (см. таблицу, рис. 1). В наиболее длинноволновой области располагается максимум испускания соединения **1h** с диметиламиногруппой в положении 4. Также была обнаружена интересная закономерность. Несмотря на то, что наличие метоксигруппы в положении 4 и 2 вызывает сдвиг максимума испускания в длинноволновую область относительно незамещенного соединения **1a**, добавление каждой дополнительной метоксигруппы приводило к уменьшению этого сдвига вплоть до того, что соединение **1f** с тремя метоксигруппами испускает даже в более коротковолновой области, чем соединение **1a**.

Для соединений **2** в целом наблюдаются аналогичные тенденции, но со сдвигом максимума испускания в длинноволновую область при ана-

логичных заместителях в бензольном кольце (см. таблицу, рис. 2). Максимум испускания соединения **2d** оказался таким образом на границе с ИК областью при 740 нм.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры зарегистрированы на Фурье-спектрометре ФСМ-1202 (Россия) в тонком слое (суспензия в вазелиновом масле). Спектры ЯМР ¹H зарегистрированы на спектрометре Bruker DRX-500 (США) в ДМСО-*d*₆, внутренний стандарт ТМС. Масс-спектры записаны на приборе Finnigan MATINCOS-50 (ионизация ЭУ, 70 эВ) (США). Элементный анализ выполнен на СНН-анализаторе vario Micro cube (Германия). Спектры флуоресценции сняты на приборе Cary Eclipse (США). Температуры плавления определены на автоматическом приборе OptiMelt MPA100 (США). Действие ультразвуком проводили с использованием ультразвуковой ванны Techpan Type UM-1 (50 Гц) (Польша). Контроль за ходом реакций и чистотой синтезированных соединений осуществлён методом ТСХ на пластинах Sorbfil ПТСХ-АФ-А-УФ, элюент EtOAc, проявление УФ облучением, парами иода и термическим разложением. Тример малонитрила (**3**) был синтезирован из малонитрила по методике [12]. Альдегиды (99%), малонитрил (99%) – коммерческие продукты.

Z-4-Фенил-2-(дицианометилен)-1,1,3-трицианобут-3-ен-1-ид калия (1a). На смесь 0.106 г

Положение максимумов твердотельной фотолюминесценции соединений **1** и **2**

Длина волны	Соединение											
	1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	1h	2a	2b	2c	2d
λ _{флюо} , нм	536	530	592	544	537	528	548	597	798	606	606	740

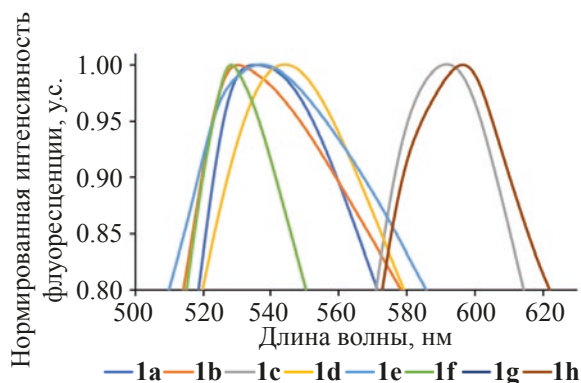


Рис. 1. Спектры твердотельной флуоресценции соединений **1a–h**

(1 ммоль) бензальдегида, 0.219 г (1 ммоль) калиевой соли тримера малонитрила **3** и 0.101 г (1 ммоль) триэтиламина в 5 мл воды воздействовали ультразвуком в течение 5 ч. После окончания реакции (ТСХ) осадок отфильтровывали, промывали водой, перекристаллизовывали из воды. Выход 0.280 г (91%), т.пл. 267–268°C (разл.) {266–267°C (разл.) [9]}. ИК спектр, ν , см^{-1} : 2192 (CN), 1599 (C=C), 1580 (C=C). Спектр ЯМР ^1H (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 7.56–7.60 м (3H, C_6H_5), 7.85 с (1H, СН), 7.88–7.90 м (2H, C_6H_5). Спектр ЯМР ^{13}C (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 53.61, 105.22, 115.52, 116.00, 117.95, 129.68, 129.83, 132.55, 132.69, 152.39, 160.38. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 141 (7). Найдено, %: С 62.59; Н 2.03; N 22.72. $\text{C}_{16}\text{H}_6\text{KN}_5$. Вычислено, %: С 62.53; Н 1.97; N 22.79. M 307.36.

Соединения **1b–h** и **2a–d** получали аналогично.

Z-4-(2-Хлорфенил)-2-(дицианометилен)-1,1,3-трицианобут-3-ен-1-ид калия (1b). Выход 88%, т.пл. 285–286°C (разл.) {283–284°C (разл.) [9]}. ИК спектр, ν , см^{-1} : 2195 (CN), 1619 (C=C), 1589 (C=C). Спектр ЯМР ^1H (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 7.55–7.61 м (2H, C_6H_4), 7.65 (1H, C_6H_4 , J 7.6, 1.5 Гц), 7.81 (1H, C_6H_4 , J 7.3, 2.0 Гц), 7.95 с (1H, СН). Спектр ЯМР ^{13}C (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 53.41, 109.69, 114.77, 114.99, 117.40, 127.94, 129.21, 130.21, 130.79, 133.18, 133.82, 148.92, 158.70. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 141 (9). Найдено, %: С 56.33; Н 1.53; N 20.41. $\text{C}_{16}\text{H}_5\text{ClKN}_5$. Вычислено, %: С 56.22; Н 1.47; N 20.49. M 341.80.

Z-4-(2-Метоксифенил)-2-(дицианометилен)-1,1,3-трицианобут-3-ен-1-ид калия (1c). Выход

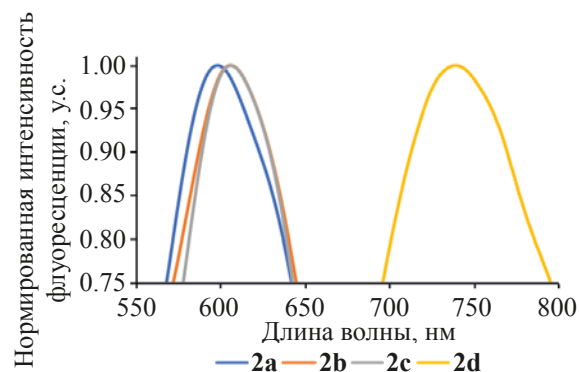


Рис. 2. Спектры твердотельной флуоресценции соединений **2a–d**

79%, т.пл. 216–217°C (разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 2195 (CN), 1583 (C=C). Спектр ЯМР ^1H (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 3.88 с (3H, OCH_3), 7.12 т (1H, C_6H_4 , J 7.6 Гц), 7.18 д (1H, C_6H_4 , J 8.4 Гц), 7.58 т (1H, C_6H_4 , J 7.8 Гц), 7.80 с (1H, СН), 7.92 д (1H, C_6H_4 , J 7.6 Гц). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 141 (11). Найдено, %: С 60.65; Н 2.43; N 20.62. $\text{C}_{17}\text{H}_8\text{KN}_5\text{O}$. Вычислено, %: С 60.52; Н 2.39; N 20.76. M 337.38.

Z-4-(4-Метоксифенил)-2-(дицианометилен)-1,1,3-трицианобут-3-ен-1-ид калия (1d). Выход 95%, т.пл. 262–263°C (разл.) {263–264°C (разл.) [9]}. ИК спектр, ν , см^{-1} : 2194 (CN), 1583 (C=C). Спектр ЯМР ^1H (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 3.85 с (3H, OCH_3), 7.14 д (2H, C_6H_4 , J 8.9 Гц), 7.73 с (1H, СН), 7.93 д (2H, C_6H_4 , J 8.9 Гц). Спектр ЯМР ^{13}C (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 52.90, 55.56, 100.98, 114.76, 115.27, 116.12, 117.62, 124.72, 131.85, 151.49, 160.66, 162.48. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 141 (15). Найдено, %: С 60.60; Н 2.45; N 20.69. $\text{C}_{17}\text{H}_8\text{KN}_5\text{O}$. Вычислено, %: С 60.52; Н 2.39; N 20.76. M 337.38.

Z-4-(3,4-Диметоксифенил)-2-(дицианометилен)-1,1,3-трицианобут-3-ен-1-ид калия (1e). Выход 93%, т.пл. 264–265°C (разл.) {264–265°C (разл.) [9]}. ИК спектр, ν , см^{-1} : 2191 (CN), 1586 (C=C). Спектр ЯМР ^1H (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 3.80 с (3H, OCH_3), 3.86 с (3H, OCH_3), 7.17 д (1H, C_6H_3 , J 8.5 Гц), 7.56 д.д (1H, C_6H_3 , J 8.5, 2.1 Гц), 7.64 д (1H, C_6H_3 , J 2.1 Гц), 7.70 с (1H, СН). Спектр ЯМР ^{13}C (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 53.31, 55.85, 56.22, 101.28, 112.14, 112.29, 115.76, 116.75, 118.11, 125.25, 125.53, 149.12, 152.34, 152.94, 161.17. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 141 (8). Найдено, %: С

58.99; Н 2.79; N 19.00. $C_{18}H_{10}KN_5O_2$. Вычислено, %: С 58.84; Н 2.74; N 19.06. *M* 367.41.

Z-4-(2,3,4-Триметоксифенил)-2-(дицианометилен)-1,1,3-трицианобут-3-ен-1-ид калия (1f). Выход 93%, т.пл. 280–281°C (разл.) {279–280°C (разл.) [9]}. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 2194 (CN), 1572 (C=C). Спектр ЯМР 1H (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 3.79 с (3H, OCH₃), 3.87 с (3H, OCH₃), 3.90 с (3H, OCH₃), 7.07 д (1H, C₆H₂, *J* 9.0 Гц), 7.67 с (1H, CH), 7.83 д (1H, C₆H₂, *J* 9.0 Гц). Спектр ЯМР ^{13}C (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 51.89, 55.11, 59.39, 61.13, 101.71, 107.42, 114.14, 114.86, 116.50, 117.45, 121.95, 140.49, 144.71, 152.22, 156.16, 159.41. Масс-спектр, m/z ($I_{отн}$, %): 141 (8). Найдено, %: С 63.89; Н 3.58; N 19.38. $C_{19}H_{12}KN_5O_3$. Вычислено, %: С 63.69; Н 3.38; N 19.54. *M* 397.44.

Z-4-(4-Гидрокси-3-метоксифенил)-2-(дицианометилен)-1,1,3-трицианобут-3-ен-1-ид калия (1g). Выход 90%, т.пл. 139–140°C (разл.) {137–138°C (разл.) [11]}. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3500–3434 (ОН), 2198, 2184 (C≡N); 1564 (C=C). Спектр ЯМР 1H (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 4.13 с (3H, OCH₃), 7.25 д (1H, C₆H₃, *J* 8.3 Гц), 7.76 д.д (1H, C₆H₃, *J* 8.3, 1.5 Гц), 7.93–7.97 м (3H, CH, C₆H₃). Масс-спектр, m/z ($I_{отн}$, %): 141 (18). Найдено, %: С 57.93; Н 2.19; N 19.96. $C_{17}H_8KN_5O_2$. Вычислено, %: С 57.78; Н 2.28; N 19.82. *M* 353.38.

Z-4-(4-Диметиламинофенил)-2-(дицианометилен)-1,1,3-трицианобут-3-ен-1-ид калия (1h). Выход 82%, т.пл. 299–300°C (разл.) {296–297°C (разл.) [9]}. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 2212 (CN), 2193 (CN), 1612 (C=C). Спектр ЯМР 1H (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 3.05 с (6H, N(CH₃)₂), 6.62 д (1H, C₆H₄, *J* 9.1 Гц), 7.52 с (1H, CH), 7.84 д (2H, C₆H₄, *J* 9.1 Гц). Спектр ЯМР ^{13}C (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 39.48, 44.87, 52.15, 95.38, 111.51, 115.79, 117.97, 122.08, 123.80, 132.26, 152.05, 152.87, 163.54. Масс-спектр, m/z ($I_{отн}$, %): 141 (7). Найдено, %: С 61.79; Н 3.19; N 23.92. $C_{18}H_{11}KN_6$. Вычислено, %: С 61.70; Н 3.16; N 23.98. *M* 350.43.

(3Z,5E)-6-Фенил-2-(дицианометилен)-1,1,3-трицианогекса-3,5-диен-1-ид калия (2a). Выход 85%, т.пл. 292–293°C (разл.) {291–292°C (разл.) [10]}. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 2193 (C≡N); 1601 (C=C). Спектр ЯМР 1H (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 7.19 д.д (1H, CH, *J* 15.3, 11.2 Гц), 7.42–7.47 м (4H, CH, C₆H₅),

7.66–7.72 м (3H, CH, C₆H₅). Масс-спектр, m/z ($I_{отн}$, %): 333 (7) [M]⁺, 91 (100) [$M - 242$]⁺. Найдено, %: С 64.76; Н 2.49; N 21.10. $C_{18}H_8KN_5$. Вычислено, %: С 64.85; Н 2.42; N 21.01. *M* 333.40.

(3Z,5E)-6-(2-Метоксифенил)-2-(дицианометилен)-1,1,3-трицианогекса-3,5-диен-1-ид калия (2b). Выход 78%, т.пл. 259–260°C (разл.) {255–256°C (разл.) [10]}. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 2220, 2194 (C≡N); 1589 (C=C). Спектр ЯМР 1H (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 3.89 с (3H, OCH₃), 7.02 т (1H, C₆H₄, *J* 7.2 Гц), 7.12 д (1H, C₆H₄, *J* 8.1 Гц), 7.29 д.д (1H, CH, *J* 15.4, 11.3 Гц), 7.41–7.46 м (1H, C₆H₄), 7.60 д (1H, CH, *J* 15.4 Гц), 7.69 д.д (1H, C₆H₄, *J* 7.7, 1.6 Гц), 7.72 д (1H, CH, *J* 11.2 Гц). Масс-спектр, m/z ($I_{отн}$, %): 131 (100) [$M - 232$]⁺, 119 (32) [$M - 244$]⁺. Найдено, %: С 62.68; Н 2.68; N 19.19. $C_{19}H_{10}KN_5O$. Вычислено, %: С 62.79; Н 2.77; N 19.27. *M* 363.42.

(3Z,5E)-6-(4-Метоксифенил)-2-(дицианометилен)-1,1,3-трицианогекса-3,5-диен-1-ид калия (2c). Выход 83%, т.пл. 303–304°C (разл.) {301–302°C (разл.) [10]}. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 2220, 2191 (C≡N); 1592 (C=C). Спектр ЯМР 1H (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 3.82 с (3H, OCH₃), 7.02 д (2H, C₆H₄, *J* 8.7 Гц), 7.06 д.д (1H, CH, *J* 15.2, 11.3 Гц), 7.40 д (1H, CH, *J* 15.2 Гц), 7.63 д (1H, CH, *J* 11.3 Гц), 7.67 д (1H, C₆H₄, *J* 8.7 Гц). Масс-спектр, m/z ($I_{отн}$, %): 131 (34) [$M - 232$]⁺, 119 (18) [$M - 244$]⁺. Найдено, %: С 62.67; Н 2.86; N 19.16. $C_{19}H_{10}KN_5O$. Вычислено, %: С 62.79; Н 2.77; N 19.27. *M* 363.42.

(3Z,5E)-6-(4-Диметиламинофенил)-2-(дицианометилен)-1,1,3-трицианогекса-3,5-диен-1-ид калия (2d). Выход 68%, т.пл. 261–262°C (разл.) {262–263°C (разл.) [10]}. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 2220, 2191 (C≡N); 1587 (C=C). Спектр ЯМР 1H (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 3.02 с [6H, N(CH₃)₂], 6.75 д (2H, C₆H₅, *J* 8.9 Гц), 6.92 д.д (1H, CH, *J* 15.0, 11.5 Гц), 7.34 д (1H, CH, *J* 15.0 Гц), 7.53 д (2H, C₆H₅, *J* 8.9 Гц), 8.58 д (1H, CH, *J* 11.5 Гц). Масс-спектр, m/z ($I_{отн}$, %): 145 (38) [$M - 231$]⁺. Найдено, %: С 63.67; Н 3.58; N 22.20. $C_{20}H_{13}KN_6$. Вычислено, %: С 63.81; Н 3.48; N 22.32. *M* 376.46.

ВЫВОДЫ

Разработан новый способ получения калиевой соли иденпроизводных тримера малонитрила в водной среде с использованием ультразвукового облучения. Впервые исследована их твердофазная

флуоресценция. Установлено, что максимум испускания полученных солей в зависимости от заместителя располагается в диапазоне 528–740 нм.

БЛАГОДАРНОСТИ

Часть работы выполнена в рамках государственного задания ИОНХ РАН в области фундаментальных научных исследований.

ФОНДОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России, проект № 0849-2020-0003.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Grigor'ev A.A., Karpov S.V., Kayukov Ya.S., Belikov M.Yu., Nasakin O.E. *Tetrahedron Lett.* **2015**, *56*, 6279–6281. doi 10.1016/j.tetlet.2015.09.130
2. Khil A.M., Kaminskii V.A., Slabko O.Yu., Kachanov A.V., Gerasimenko A.V. *J. Heterocycl. Chem.* **2014**, *52*, 688–691. doi 10.1002/jhet.2157
3. Карпов С.В., Каюков Я.С., Бардасов И.Н., Каюкова О.В., Ершов О.В., Насакин О.Е. *ЖОрХ.* **2011**, *47*, 412–414. [Karpov S.V., Kayukov Y.S., Bardasov I.N., Kayukova O.V., Ershov O.V., Nasakin O.E. *Russ. J. Org. Chem.* **2011**, *47*, 405–407.] doi 10.1134/s1070428011030134
4. Карпов С.В., Каюков Я.С., Бардасов И.Н., Ершов О.В., Насакин О.Е., Каюкова О.В. *ЖОрХ.* **2011**, *47*, 1144–1146. [Karpov S.V., Kayukov Y.S., Bardasov I.N., Ershov O.V., Nasakin O.E., Kayukova O.V. *Russ. J. Org. Chem.* **2011**, *47*, 1161–1164.] doi 10.1134/s1070428011080070
5. Карпов С.В., Каюков Я.С., Бардасов И.Н., Каюкова О.В., Липин К.В., Насакин О.Е. *ЖОрХ.* **2011**, *47*, 1467–1472. [Karpov S.V., Kayukov Y.S., Bardasov I.N., Kayukova O.V., Lipin K.V., Nasakin O.E. *Russ. J. Org. Chem.* **2011**, *47*, 1492–1497.] doi 10.1134/s107042801110006x
6. Dupouy G., Triki S., Marchivie M., Cosquer N., Gómez-García C.J., Pillet S., Bendeif E.-E., Lecomte C., Asthana S., Létard J.-F. *Inorg. Chem.* **2010**, *49*, 9358–9368. doi 10.1021/ic101038z
7. Sekizaki S., Tada C., Yamochi H., Saito G. *J. Mater. Chem.* **2001**, *11*, 2293–2302. doi 10.1039/b105340j
8. Dupouy G., Marchivie M., Triki S., Sala-Pala J., Gómez-García C.-J., Pillet S., Lecomte C., Létard J.-F. *Chem. Commun.* **2009**, 3404–3406. doi 10.1039/b902339a
9. Bardasov I.N., Alekseeva A.U., Tafeenko V.A., Ershov O.V. *Tetrahedron Lett.* **2017**, *58*, 4003–4005. doi 10.1016/j.tetlet.2017.09.012
10. Бардасов И.Н., Алексеева А.Ю., Дианов Н.П., Михайлов А.А., Ершов О.В. *ЖОрХ.* **2019**, *55*, 1768–1772. [Bardasov I.N., Alekseeva A.U., Dianov N.P., Mikhailov A.A., Ershov O.V. *Russ. J. Org. Chem.* **2019**, *55*, 1731–1734.] doi 10.1134/s1070428019110149
11. Алексеева А.Ю., Дианов Н.П., Ященко Н.Н., Житарь С.В., Бардасов И.Н. *ЖОрХ.* **2020**, *56*, 705–710. [Alekseeva A.U., Dianov N.P., Yashchenko N.N., Zhitar' S.V., Bardasov I.N. *Russ. J. Org. Chem.* **2020**, *56*, 763–767.] doi 10.1134/s1070428020050061
12. Kelly R.B., Slomp G., Caron E.L. *J. Org. Chem.* **1965**, *30*, 1036–1038. doi 10.1021/jo01015a020

Synthesis and Solid-Phase Fluorescence of Ylidene Derivatives of Malononitrile Trimer in Aqueous Medium Using Ultrasonic Radiation

I. N. Bardasov^{a, *}, A. U. Alekseeva^a, E. A. Mel'nik^b, A. I. Ershova^a, and O. V. Ershov^a

^a *I.N. Ul'yanov Chuvash State University, Moskovskii prosp., 15, Cheboksary, 428015 Russia*

**e-mail: bardasov.chem@mail.ru*

^b *Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry, Russian Academy of Sciences, Leninsky prosp., 31, Moscow, 119991 Russia*

Received February 24, 2021; revised March 10, 2021; accepted March 14, 2021

The potassium salts of ylidene derivatives of the malononitrile trimer were obtained as a result of reaction of aromatic aldehydes and cinnamaldehyde derivatives with malononitrile trimer in an aqueous medium using ultrasonic irradiation. The study of solid-phase fluorescence showed that the maximum emission of the obtained salts, depending on the substituent, is in the range of 528–740 nm.

Keywords: malononitrile trimer, ultrasonic irradiation, Knoevenagel reaction, polycyano-anions