УДК 547.1'123 + 547.789.1 + 547.812 + 548.737 + 547.814.1 + 547.825

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ СИНТЕЗЫ ПРОИЗВОДНЫХ ТИАЗОЛА, СЕЛЕНАЗОЛА, ПИРАНА И ПИРИДИНА, ИНИЦИИРУЕМЫЕ РЕАКЦИЕЙ КНЁВЕНАГЕЛЯ

© 2019 г. И. В. Дяченко^{*a*}, В. Д. Дяченко^{*a*}, П. В. Дороватовский^{*b*}, В. Н. Хрусталев^{*b*, *c*}, В. Г. Ненайденко^{*d*, *}

^a Луганский национальный университет им. Тараса Шевченко, 91011, Украина, г. Луганск, ул. Оборонная 2
 ^b Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», 123182, Россия, г. Москва, ул. Академика Курчатова 1
 ^c ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая 6
 ^d ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы 1
 *e-mail: nenajdenko@gmail.com

Поступила в редакцию 1 июня 2018 г. После доработки 16 июня 2018 г. Принята к публикации 14 августа 2018 г.

На основе многокомпонентной конденсации, инициируемой реакцией Кнёвенагеля, синтезированы (2*E*, 2'*E*)-3,3'-[пропан-1,3-диилбис(окси)бис(4,1-фенилен)]бис[2-(4-(4-арилтиазол-2-ил))акрилонитрилы], функционально замещенные пиридины и конденсированные пираны, содержащие в положении 3 тио-(селен)азольный заместитель. Строение 2-амино-5-оксо-4-(1-фенилэтил)-4,5-дигидропирано[3,2-*c*]-хромен-3-карбонитрила и 2-амино-7-гексилокси-4-циклогексил-4*H*-хромен-3-карбонитрила изучено методом РСА.

Ключевые слова: тиазол, селеназол, пиран, пиридин, реакция Кнёвенагеля, рентгеноструктурный анализ.

DOI: 10.1134/S0514749219020137

Производные тиазола, пирана и пиридина широко представлены в природе, что обуславливает постоянный интерес исследователей к указанным гетероциклам. Среди синтетических замещенных тиазола обнаружены вещества с противоопухолевыми [1, 2], противовирусными [3] и бактерицидными [4] свойствами. Некоторые производные пирана эффективны при лечении рака (активаторы каспазы и индуктов апоптоза) [5] и нейрогенеративных заболеваний [6]. Функционализированные пиридины пригодны для лечения себорейного дерматита [7], болезни Альцгеймера [8] и заболеваний ЦНС [9]. Продолжая исследования многокомпонентных конденсаций, приводящих получению потенциально К биологически активных производных тиазола, пирана и пиридина [10–12] нами изучены инициируемые реакцией Кнёвенагеля многокомпонентные синтезы ранее неизвестных соединений указанных выше классов гетерониклов.

Показано, что конденсация 4-гидрокси-3этоксибензальдегида 1а с цианотиоацетамидом 2а, 4-бутилфенацилбромидом 3а и аллилбромидом 4 приводит к образованию (*E*)-3-(4-аллилокси-3этоксифенил)-2-[4-(4-бутилфенил)тиазол-2-ил]акрилонитрила 5. Конденсация эффективно протекает в ДМФА при 20°С в присутствии 10%ного водного раствора NaOH и включает образование в качестве интермедиатов реакции алкена Кнёвенагеля **A**, который затем превращается в тиазол Ганча **B**. Последний легко алкилируется аллилбромидом **4** по Вильямсону, что приводит к простому эфиру **5** (схема 1).

Применение в данной многокомпонентной конденсации ароматических альдегидов **1a**, **b**, фенацилбромидов **3b**, **c** и 1,3-дибромпропана **6** при прочих равных условиях позволяет получать (2E,2'E)-3,3'-[пропан-1,3-диилбис(окси)бис(4,1-фенилен)]бис[2-(4-(4-арилтиазол-2-ил))акрилонитрилы] **7а–с**. Таким образом, все стадии реакции



удается провести в одной колбе, достигая существенного возрастания молекулярной сложности (схема 2).

Взаимодействие 2-фенилпропионового альдегида 1с с цианотиоацетамидом 2а и 4-гидроксикумарином 8 в ДМФА в присутствии *N*-метилморфолина



1, R = 4-OH-3-OEtC₆H₃ (**a**), = 4-OHC₆H₄ (**b**); 3, $R^1 = 4$ -MeC₆H₄ (**b**), 4-MeOC₆H₄ (**c**); 7, R = OEt, $R^1 = 4$ -MeC₆H₄ (**a**); R = H, $R^1 = 4$ -MeC₆H₄ (**b**); R = H, $R^2 = 4$ -MeC₆H₄ (**b**); R

ЖУРНАЛ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ том 55 № 2 2019



при 20°С неожиданно приводит к образованию производного хромена 9. Возникновение данного продукта можно объяснить каскадом протекающих реакций, который, по-видимому, включает: 1) присоединение СН-кислоты 8 по Михаэлю к алкену Кнёвенагеля A; 2) внутримолекулярную циклизацию образовавшегося интермедиата C в конденсированный пиран 9 с элиминированием молекулы H_2S .

Использование в этой конденсации бензальдегида **1d** в аналогичных указанным выше условиях привело к образованию 2,5-диоксо-4-фенил-3,5дигидро-2*H*-хромено[4,3-*b*]пиридин-3-карботиоамида **10**. Вероятно, в условиях реакции сооветствующий пиран **D** претерпел рециклизацию Димрота [13] (схема 3).

Взаимодействие 4-этоксибензальдегида 1е с двукратным избытком цианотиоацетамида 2а, эквимолярным количеством 3-(2-бромацетил)-7гидрокси-2*H*-хромен-2-она 11 и аллилбромида 4 в ДМФА в присутствии 10%-ного водного раствора NaOH приводит к образованию 2-[2-(7-аллилокси-2оксо-2*H*-хромен-3-ил)-2-оксоэтилтио]-6-амино-4-(4 -этоксифенил)пиридин-3,5-дикарбонитрила 12 – потенциального синтона для синтеза ансамблей циклов [14–16]. Схема реакции включает возникновение соответствующего продукта конденсации Кнёвенагеля **А**, к которому по Михаэлю присоединяется цианотиоацетамид **2a**. Возникший таким путем аддукт **E** хемоселективно циклизуется в замещенный пиридин-2-тиолат **F**. Алкилирование последнего α -бромкетоном **11** приводит к получению тиоэфира **G**, вступающего затем во взаимодействие в щелочной среде с аллилбромидом **4** и возникновением конечного простого эфира Вильямсона **12** (схема 4).

Строение всех полученных соединений подтверждено комплексом спектральных методов (см. экспериментальную часть). Отметим наличие в спектре ЯМР ¹Н замещенного акрилонитрила 5 характерных сигналов протонов аллильного заместителя [17, 18], а в простых эфирах 7а-с сигналов протонов пропильного фрагмента в соответствующих областях δ. Определение геометрической изомерии осуществлялось с учетом данных работы [19]. Для однозначного установления строения продуктов данной многокомпонентной конден-сации замещенный пирано[3,2-c]хромен 9 изучен методом PCA.

Соединение **9** включает трициклическую систему из сочлененных пиранового, пиранонового и бензольного циклов (рис. 1). Бензопираноновый фрагмент практически плоский (отклонение его атомов от среднеквадратичной плоскости не превышает $\pm 0.011^{\circ}$), в то время как пирановый цикл принимает конформацию уплощенной ванны



с углом перегиба по линии $O^{I...}C^4$ 9.15(11)°. Атом азота N^2 имеет тригонально-пирамидальную конфигурацию (сумма валентных углов равна 354(3)°).

Молекула 9 содержит два асимметрических центра при атомах углерода С⁴ и С¹². Кристалл соединения 9 является рацематом и состоит из энантиомерных пар с относительной конфигурацией центров – *rac*-(4*RS*,12*RS*). В кристалле молекулы 9 образуют Н-связанные слои, параллельные плоскости (10 $\overline{2}$), за счет межмолекулярных водородных связей N–H…N и N–H…O (табл. 1, рис. 2).

Также нами изучена многокомпонентная конденсация, включающая взаимодействие ароматических альдегидов **1е–h**, цианотио(селено)ацетамидов **2a**, **b**, α-бромкетонов **3d–f** и димедона **13**. Данное превращение проводили в ДМФА при 20°С в присутствии морфолина. Каскадное превращение заканчивается образованием 2-амино-4-арил(гетарил)-7,7-диметил-3-[4-арил(кумарин-3-ил)тио(селен)азол-2-ил]-7,8-дигидро-4*H*-хромен-5 (6*H*)-онов **14а–d**. Реакция включает в себя стадию образования алкенов Кнёвенагеля **А** в качестве интермедиатов. Затем протекает реакция Ганча, приводящая к соответствующим замещенным винилтио(селен)азолам **В**. В дальнейшем происходит присоединение димедона **13** к



Рис. 1. Молекулярная структура соединения **9**. Атомы представлены 50%-эллипсоидами анизотропных смещений.

D–H…A	<i>d</i> (D–H), Å	<i>d</i> (H···A), Å	<i>d</i> (D···A), Å	Угол (DHA), град			
Соединение 9							
$N^2 - H^2 A \cdots N^{11a}$	0.899(15)	2.155(15)	3.0346(17)	165.7(13)			
N^2 - H^2B ···O ^{5b}	0.891(16)	2.046(16)	2.9219(15)	167.5(13)			
Соединение 17							
$N^2 - H^2 A \cdots N^{9c}$	0.915(18)	2.247(18)	3.1275(19)	161.3(15)			
N^2 - H^2B ··· N^{9d}	0.92(2)	2.38(2)	3.195(2)	148.1(17)			
C^{δ} - H^{δ} ···· O^{7a}	0.95	2.47	3.413(2)	170.0			

Таблица 1. Водородные связи в структурах 9 и 17.

Кристаллографические операции для генерации симметрически эквивалентных атомов:

^a -x, -y+1, -z+1.

^b -x+1, y-1/2, -z+3/2.

-x, -y, -z.

^d *x*+1, *y*, *z*.

активированным алкенам **B** с образованием соответствующих аддуктов **H**, внутримолекулярно циклизующихся в конечные гетероциклические системы **14а–d** (схема 5). Их спектры ЯМР ¹H содержат характеристичные сигналы протонов димедонового фрагмента с типичным расщеплением и сигнала С⁴H-протона пиранового ядра в виде синглета при δ 4.46–4.83 м.д. [20–23].

Циклогексанкарбоксальдегид 1i, цианотиоацетамид 2a, резорцин 15 и гексилйодид 16 в аналогичных указанным выше условиях конденсируются с образованием 2-амино-7-гексилокси-4-циклогексил-4*H*-хромен-3-карбонитрила **17** – перспективного полупродукта при создании антибактериальных препаратов, эффективных против Staphylococcus aureas [23]. Вероятная схема конденсации состоит в следующем. На первой стадии образуется продукт реакции Кнёвенагеля – циклогексилиденцианотиоацетамид **A**. Далее следует присоединение резорцина **15** по Михаэлю к алкену **A**. Возникший таким путем аддукт **I** хемоселективно внутримолекулярно гетероциклизуется в замещенный пиран **K**, который вступает в



Рис. 2. Кристаллическая структура соединения 9.



1, R = тиофен-2-ил (f), 4-BrC₆H₄ (g), 2-фурил (h), циклогексил (i); 2, X = Se (b); 3, R¹ = кумарин-3-ил (d), Ph (e); 4-PhC₆H₄ (f); 14, R = 4-EtOC₆H₄, R¹ = кумарин-3-ил, X = S (a); R = 4-BrC₆H₄, R¹ = Ph, X = Se (b); R = 2-фурил, R¹ = 4-PhC₆H₄, X = Se (c); R = тиофен-2-ил, R¹ = 4-PhC₆H₄, X = Se (d).

реакцию Вильямсона с гексилйодидом 16 с образованием простого эфира 17 (схема 5).

С целью однозначного установления строения продукта рассмотренной выше многокомпонентной конденсации методом РСА исследована молекулярная и кристаллическая структура 17 (рис. 3, 4). Пирановый цикл бензопиранового фрагмента в соединении 17 принимает конформацию уплощенной ванны с углом перегиба по линии $O^{I} \cdots C^{4} 11.98(12)^{\circ}$. Атом азота N^{2} имеет тригонально-пирамидальную конфигурацию (сумма валентных углов равна 352(4)°). Оксогексильный заместитель находится в полностью трансоидной («линейной») конформации.

Молекула 17 содержит один асимметрический центр при атоме углерода С⁴. Кристалл соединения



Рис. 3. Молекулярная структура соединения **17**. Атомы представлены 50%-эллипсоидами анизотропных смещений.



Рис. 4. Кристаллическая структура соединения 17.

17 является рацематом. В кристалле молекулы 17 образуют H-связанные слои, параллельные плоскости $(01\ \overline{1})$, за счет межмолекулярных водородных связей N–H…N и C–H…O (табл. 1, рис. 4).

Таким образом, нами продемонстрирована возможность эффективного многокомпонентного синтеза различных гетероциклов на основе реакций, инициируемых конденсацией Кнёвенагеля.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Параметры элементарных ячеек и интенсивности отражений для соединений 9 и 17 измерены на синхротронной станции «БЕЛОК» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», используя двухкоординатный детектор Rayonix SX165 CCD (T 100 K, 1 0.96990 Å, φ сканирование с шагом 1.0°). Обработка экспериментальных данных проведена с помощью программы *iMOSFLM*, входящей в комплекс программ CCP4 [24]. Основные кристаллоструктурные данные и параметры уточнения представлены в табл. 2.

Для полученных данных проведен учет поглощения рентгеновского излучения по программе *Scala* [25].

Структуры определены прямыми методами и уточнены полноматричным методом наименьших

квадратов по F² в анизотропном приближении для неводородных атомов. Атомы водорода аминогрупп выявлены объективно в разностных Фурье-синтезах и уточнены изотропно с фиксированными параметрами смещения $[U_{\mu_{30}}(H)] =$ 1.2U_{экв}(N)]. Положения остальных атомов водорода рассчитаны геометрически и включены в уточнение с фиксированными позиционными параметрами (модель «наездника») и изотропными параметрами смещения $[U_{\mu_{30}}(H) = 1.5U_{3\kappa_B}(C)$ для СН₃-групп и $U_{\mu_{30}}(H) = 1.2U_{3\kappa_B}(C)$ для остальных групп]. Все расчеты проведены с использованием комплекса программ SHELXTL [26]. Таблицы координат атомов, длин связей, валентных и торсионных углов и анизотропных параметров смещения для соединений 9 и 17 депонированы в Кембриджском Банке Структурных Данных, номера депонирования - ССДС 1862036 (9) и CCDC 1862037 (17).

ИК спектры получали на приборе ИКС-40 в вазелиновом масле. Спектры ЯМР ¹Н и ¹³С регистрировали на спектрофотометре Varian VXR– 400 (399.97 и 100 МГц соответственно) в растворах DMSO-*d*₆, внутренний стандарт – ТМС. Массспектры получали на масс-спектрометре высокого разрешения Orbitrap Elite (для соединений **6**, **7с**, **9**, и 17). Образцы для HRMS растворяли в 1 мл DMSO, разбавляли в 100 раз 1%-ной НСООН в CH₃CN, вводили шприцевым насосом со скорос-

273

Таблица	2 . I	Сристаллоструктурны	е данные для	соединений 9 и	17.
---------	--------------	---------------------	--------------	----------------	-----

Соединение	9	17
Элементный состав	$C_{21}H_{16}N_2O_3$	$C_{22}H_{30}N_2O_2$
Молекулярная масса	344.36	354.48
Размеры монокристалла, мм	0.10×0.10×0.30	0.02×0.10×0.10
Сингония	Моноклинная	Триклинная
Пространственная группа	$P2_1/c$	<i>P</i> -1
<i>a</i> , Å	8.3001(17)	6.4301(13)
<i>b</i> , Å	15.000(3)	9.1002(18)
<i>c</i> , Å	13.930(3)	17.580(4)
α, град	90	87.26(3)
β, град	99.76(3)	82.39(3)
ү, град	90	76.04(3)
<i>V</i> , Å ³	1709.2(6)	989.4(4)
Ζ	4	2
$d_{\rm c}, \Gamma \cdot {\rm cm}^{-3}$	1.338	1.190
<i>F</i> (000)	720	384
μ, мм ⁻¹	0.190	0.156
2θ _{макс} , град	76.86	71.66
Количество измеренных отражений	15269	14541
Количество независимых отражений (R _{int})	3390 (0.053)	3205 (0.061)
Количество наблюденных отражений с $I > 2\sigma(I)$	2820	2834
Количество уточняемых параметров	243	244
R_1 ; wR_2 [для отражений с $I > 2\sigma(I)$]	0.042; 0.112	0.047; 0.130
$R_1; wR_2$ (все измеренные отражения)	0.052; 0.120	0.052; 0.134
GOF по F^2	1.096	1.096
Коэффициент экстинкции	0.014(2)	0.021(2)
<i>Т</i> _{мин} ; <i>Т</i> _{макс}	0.940; 0.970	0.975; 0.990

тью 40 мкл/мин в источник ионизации электрораспылением. Потоки газов источника были отключены, напряжение на игле составляло 3.5 кВ, температура капилляра 275°С. Масс-спектры регистрировали в режимах положительных и отрицательных ионов в орбитальной ловушке с разрешением 480000. Внутренние калибранты – ион 2DMSO+H⁺ (*m/z* 157.03515) в положительных ионах и додецилсульфат-анион (*m/z* 265.14789) в отрицательных ионах. Для остальных соеди-

нений масс-спектры снимали на спектрометре Agilent 1100 Series с селективным детектором Agilent LS/MSDLS (образец вводили в матрице CH₃COOH, ионизация ЭУ, 70 эВ). Элементный анализ осуществляли на приборе Perkin Elmer CHN -analyser. Температуры плавления определяли на блоке Кофлера. Ход реакции и чистоту полученных соединений контролировали методом TCX на пластинках Silufol UV-254 в системе ацетон–гексан (3:5), проявление парами йода и УФоблучением.

(Е)-3-(4-аллилокси-3-этоксифенил)-2-[4-(4бутилфенил)тиазол-2-ил]акрилонитрил (5). К перемешиваемому раствору 1.7 г (10 ммоль) 4-гидрокси-3-этоксибензальдегида 1а и 1.0 г (10 ммоль) цианотиоацетамида 2а в 25 мл ДМФА при 20°С прибавляли 3 капли морфолина и перемешивали 1 ч. после чего прибавляли 2.6 г (10 ммоль) 4-бутилфенацилбромида За и перемешивали 3 ч. Затем при перемешивании последовательно прибавляли 4.0 мл (10 ммоль) 10%-ного водного раствора NaOH и 0.85 мл (10 ммоль) аллилбромида 4, перемешивали 1 ч и оставляли. Через сутки реакционную смесь разбавляли равным объемом воды и отфильтровывали образовавшийся осадок. Промывали водой, этанолом и гексаном. Выход 3.2 г (72%), желтый порошок, т. пл. 63-64°С (MeOH). ИК спектр, v, см⁻¹: 2202 (С≡N). Спектр ЯМР ¹Н, б, м.д.: 0.89 т (3Н, Ме, Ј 7.3 Гц), 1.21–1.26 м (2Н, СН₂), 1.32 т (3Н, Ме, Ј 6.8 Гц), 1.50–1.64 м (2Н, СН₂), 2.59 т (2H, CH₂, *J* 7.7 Гц), 4.08 кв (2H, O<u>CH</u>₂Me, *J* 6.8 Гц), 4.67 д (2H, OCH₂CH=, J 5.0 Гц), 5.27 д (1H, =CH₂, J_{цис} 10.52 Гц), 5.41 д (1Н, =CH₂, J_{транс} 17.3 Гц), 5.91-6.17 м (1H, CH=), 7.14 д (1H, H_{аром.}, J 8.6 Гц), 7.26 д (2H, Н_{аром.}, J 7.9 Гц), 7.64 д (1H, Н_{аром.}, J 8.6 Гц), 7.73 с (1H, H_{аром.}), 7.90 д (2H, H_{аром.}, *J* 7.9 Гц), 8.12 с $(1H, H_{тиазола}^5)$, 8.21 с (1H, CH=CCN). Спектр ЯМР ¹³С, δ, м.д.: 14.2, 15.1, 33.5, 35.1, 64.3, 69.3, 96.8, 102.0, 113.8, 114.2, 115.0, 117.6, 118.5, 125.1, 125.7, 126.6 (2C), 129.2 (2C), 131.5, 133.7, 143.3, 145.5, 148.2, 151.6, 156.3, 163.9. HRMS (ESI), m/z: найдено 445.1944 [*M*+H]⁺. С₂₇H₂₈N₂O₂S. Вычислено 445.1871.

Замещенные акрилонитрилы (7а–с) получали аналогично соединению 5 при соответствующем использовании ароматических альдегидов 1а, b и 0.5 мл (5 ммоль) 1,3-дибромпропана 6.

(2*E*,2*'E*)-3,3'-[(Пропан-1,3-диилбис(окси)бис-(3-этокси-4,1-фенилен)]бис[2-(4-(*п*-толилтиазол-2-ил))акрилонитрил] (7а). Выход 2.9 г (75%), ярко-желтый порошок, т.пл. 192–194°С (АсОН). ИК спектр, v, см⁻¹: 2215 (С≡N). Спектр ЯМР ¹Н, δ, м.д.: 1.38 т (6H, 2Me, *J* 6.8 Гц), 2.26 т (2H, CH₂, *J* 6.0 Гц), 2.36 с (6H, 2Me), 4.12 кв (4H, 2O<u>CH₂</u>Me, *J* 6.8 Гц), 4.31 т (4H, 2CH₂O, *J* 6.0 Гц), 7.22 д (2H, H_{аром.}, *J* 8.8 Гц), 7.29 д (4H, H_{аром.}, *J* 7.7 Гц), 7.68 д (2H, H_{аром.}, *J* 8.8 Гц), 7.75 с (2H, 2H⁵_{тиазола}), 7.91 д (4H, H_{аром.}, *J* 7.7 Гц), 8.12 с (2H, H_{аром.}), 8.24 с (2H, 2CH=CCN). Масс-спектр, *m/z* (*I*_{отн}, %): 765.7 (100) [*M*+1]⁺. Найдено, %: С 70.50; Н 5.11; N 7.23. С₄₅H₄₀N₄O₄S₂. Вычислено, %: С 70.66; Н 5.27; N 7.32. *M* 764.9. (2*E*,2'*E*)-3,3'-[(Пропан-1,3-диилбис(окси)бис-(4,1-фенилен)]бис[2-(4-(*п*-толил)тиазол-2-ил)акрилонитрил] (7b). Выход 2.3 г (68%), желтый порошок, т. пл. 188–190°С (АсОН). ИК спектр, v, см⁻¹: 2200 (С \equiv N). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 2.25 т (2H, CH₂, *J* 6.0 Гц), 2.35 с (6H, 2Me), 4.28 т (4H, 2CH₂O, *J* 6.0 Гц), 7.16 д (4H, Н_{аром.}, *J* 8.6 Гц), 7.27 д (4H, Н_{аром.}, *J* 8.0 Гц), 7.90 д (4H, Н_{аром.}, *J* 8.0 Гц), 8.04 д (4H, Н_{аром.}, *J* 8.6 Гц), 8.11 с (2H, 2H⁵_{тиазола}), 8.24 с (2H, 2CH=CCN). Масс-спектр, *m/z* (*I*_{отн}, %): 677.2 (100) [*M*+1]⁺. Найдено, %: С 72.61; H 4.65; N 8.15. С₄₁H₃₂N₄O₂S₂. Вычислено, %: С 72.76; H 4.77; N 8.28. *M* 676.9.

(2E,2'E)-3,3'-[(Пропан-1,3-диилбис(окси)бис-(4,1-фенилен)]бис[2-(4-(4-метоксифенил)тиазол-**2-ил)акрилонитрил]** (7с). Выход 2.5 г (70%), желтый порошок. т. пл. 173-175°С (BuOH). при УФ-облучении флуоресцирует. ИК спектр, v, см⁻¹: 2200 (C=N). Спектр ЯМР⁻¹Н, δ, м.д.: 2.23 т (2Н, СН₂, J 6.0 Гц), 3.79 с (6Н, 2МеО), 4.25 т (4Н, 2CH₂O, *J* 6.0 Гц), 7.01 д (4H, Н_{аром.}, *J* 8.8 Гц), 7.15 д (4H, H_{аром.}, J 8.7 Гц), 7.93 д (4H, H_{аром.}, J 8.7 Гц), 8.02 д (4H, H_{аром.}, J 8.8 Гц), 8.04 с (2H, 2H⁵_{тиазола}), 8.22 с (2H, 2CH=CCN). Спектр ЯМР ¹³С, б, м.д.: 28.8, 55.7 (2C), 65.1 (2C), 102.1 (2C), 113.8 (2C), 114.7 (4C), 115.7 (4C), 117.5 (2C), 125.6 (2C), 126.7 (2C), 128.1 (4C), 132.6 (4C), 145.0 (2C), 155.6 (2C), 160.0 (2C), 161.9 (2C), 163.2 (2C). HRMS (ESI), m/z: $[M+H]^{+}$. найдено 709.1940 $C_{41}H_{32}N_4O_4S_2$. Вычислено 709.1865.

2-Амино-5-оксо-4-(1-фенилэтил)-4,5-дигидропирано[3,2-с]хромен-3-карбонитрил (9). Смесь 1.33 мл (10 ммоль) 2-фенилпропионового альдегида 1с, 1.6 г (10 ммоль) 4-гидроксикумарина 8, 1 г (10 ммоль) цианотиоацетамида 2а и 1.1 мл (10 ммоль) *N*-метилморфолина в 30 мл ДМФА при 20°С перемешивали 2 ч и оставляли. Через сутки реакционную смесь разбавляли равным объемом воды и оставляли. Через 48 ч образовавшийся осадок отфильтровывали и последовательно промывали водой, этанолом и гексаном. Выход 2.6 г (75%), бесцветные кристаллы, т. пл. 219-221°С (*i*-PrOH). ИК спектр, v, см⁻¹: 3488, 3252, 3196 (NH₂), 2210 (C=N), 1719 (C=O), 1643 (\deltaNH₂). Спектр ЯМР ¹Н, б, м.д.: 1.12 д (3Н, Me, J 7.2 Гц), 3.11–3.19 м (1H, <u>CH</u>Me), 3.61 д (1H, H⁴, J 3.2 Гц), 7.13–7.25 м (5H, H_{аром.}), 7.26 уш.с (2H, NH₂), 7.44 т (1H, H_{аром.}, J 7.6 Гц), 7.48 д (1Н, Наром., Ј 7.9 Гц), 7.67 т (1Н, Н_{аром.}, J 8.2 Гц), 7.74 д (1Н, Н_{аром.}, J 7.9 Гц). Спектр ЯМР ¹³С, δ, м.д.: 14.1, 43.2, 52.7, 104.85, 104.9, 113.4, 117.0, 119.6, 122.5, 126.9, 128.3 (2C), 128.4

ОЛА

(2С), 133.2, 142.8, 152.6, 155.3, 160.6, 161.3, 170.0. HRMS (ESI), *m/z*: найдено 343.1088 [*M*-H]⁺. C₂₁H₁₆N₂O₃. Вычислено 343.1161.

2,5-Диоксо-4-фенил-3,5-дигидро-2Н-хромено-[4,3-b]пиридин-3-карботиоамид (10) получали аналогично соединению 9 при соответствующем использовании 1.0 мл (10 ммоль) бензальдегида 1d. Выход 2.3 г (77%), светло-желтый порошок, т. пл. 245-247°С (Диоксан). ИК спектр, v, см⁻¹: 3459, 3316 (NH₂), 1719 (C=O), 1634 (δNH₂), 1181 (C=S). Спектр ЯМР ¹Н, δ, м.д.: 5.12 с (1Н, Н³_{пиридина}), 6.83 уш.с (2H, NH₂), 7.16 т (1H, H_{аром.}, J 7.1 Гц), 7.23 т (2H, Н_{аром.}, J 7.4 Гц), 7.34 д (2H, Н_{аром.}, J 7.4 Гц), 7.46 т (2Н, Наром, Ј 8.4 Гц), 7.70 т (1Н, Наром, Ј 7.6 Гц), 7.99 д (1H, H_{аром.}, J 7.6 Гц). Спектр ЯМР ¹³С, δ, м.д.: 36.7, 97.2, 105.2, 114.2, 116.9, 123.1, 125.2, 127.2, 128.4 (2C), 128.7 (2C), 133.2, 142.8, 152.5, 155.9, 157.3, 160.7, 169.7. Масс-спектр, *m/z* (*I*_{отн}, %): 349.0 [*M*+1]⁺. Найдено, %: С 65.39; Н 3.33; N 7.96. С₁₉H₁₂N₂O₃S. Вычислено, %: С 65.51; Н 3.47; N 8.04. M 348.4.

2-[2-(7-Аллилокси-2-оксо-2Н-хромен-3-ил)-2оксоэтилтио]-6-амино-4-(4-этоксифенил)пиридин-3.5-дикарбонитрил (12). Смесь 1.4 мл (10 ммоль) 4-этоксибензальдегида 1е, 2 г (20 ммоль) цианотиоацетамида 2а и 3 капли *N*-метилморфолина в 30 мл ДМФА при 20°С перемешивали 30 мин. после чего последовательно прибавляли 4.0 мл (10 ммоль) 10%-ного водного раствора NaOH и 2.8 г (10 ммоль) 7-гидрокси-3-(2-бромацетил)кумарина 11. Реакционную смесь перемешивали 3 ч и оставляли на сутки. Затем разбавляли равным количеством воды и отфильтровывали образовавшийся осадок. Промывали водой, этанолом и гексаном. Выход 4.3 г (80%), желтый порошок, т. пл. 243-245°С (BuOH). ИК спектр, v, см⁻¹: 3445, 3318, 3197 (NH₂), 2223 пл. (C≡N), 1717, 1695 (C=O), 1644 (δNH₂). Спектр ЯМР ¹Н, б, м.д.: 1.38 т (3Н, Me, J 6.8 Гц), 4.12 кв (2Н, ОСН₂Ме, J 6.8 Гц), 4.68–4.74 м (4H, SCH₂+ О<u>СН</u>₂СН=), 5.32 д (1Н, =СН₂, J_{цис} 10.6 Гц), 5.45 д (1H, =CH₂, $J_{\text{транс}}$ 17.3 Гц), 6.01–6.15 м (1H, СН=СН₂), 7.03-7.16 м (4Н, Н_{аром.}), 7.50 д (2Н, Н_{аром.}, J 8.4 Гц), 7.83 уш.с (2H, NH₂), 7.93 д (1H, H_{аром.}, J 8.4 Гц), 8.67 с (1Н, $H_{\kappa \gamma M a p \mu h a}^4$). Спектр ЯМР ¹³С, δ , м.д.: 15.1, 41.0, 63.8, 69.7, 86.3, 93.7, 101.6, 112.7, 114.4, 115.0 (2C), 115.9, 116.1, 118.9, 120.2, 126.1, 130.7 (2C), 132.9, 133.1, 149.0, 157.7, 158.4, 159.6, 160.0, 160.7, 164.4, 166.5, 190.0. Масс-спектр, m/z (*I*_{отн}, %): 539.0 [*M*+1]⁺. Найдено, %: С 64.52; Н 3.97; N 10.32. С₂₉H₂₂N₄O₅S. Вычислено, %: С 64.67; Н 4.12; N 10.40. M 538.6.

2-Амино-4-арил(гетарил)-7,7-диметил-3-[4арил(кумарин-3-ил)тио(селен)азол-2-ил]-7.8дигидро-4*H*-хромен-5(6*H*)-оны (14а-d). Общая методика. К перемешиваемой смеси по 10 ммоль альдегида 1е-h и цианотио(селено)ацетамида 2a, b в 30 мл ДМФА (при использовании соединения 2b под аргоном) при 20°С прибавляли 3 капли морфолина, перемешивали 30 мин и прибавляли 10 ммоль абромкетона 3d-f, продолжая перемешивание еще 2 ч. Затем к реакционной смеси прибавляли 1.4 г (10 ммоль) димедона 13 и 0.87 мл (10 ммоль) морфолина, перемешивали 1 ч и оставляли на сутки, разбавляли равным объемом воды и оставляли на 48 ч. Образовавшийся осадок отфильтровывали, промывали водой, этанолом и гексаном.

3-[2-(2-Амино-7,7-диметил-5-оксо-4-(4-этоксифенил)-5,6,7,8-тетрагидро-4*H*-хромен-3-ил)тиазол-4-ил]-2Н-хромен-2-он (14а). Выход 4.4 г (82%), ярко-желтый порошок, т. пл. 186-188°С (BuOH). ИК спектр, v, см⁻¹: 3366, 3140, 2977 (NH₂), 1708, 1661 (C=O), 1607 (δNH₂). Спектр ЯМР ¹H, δ, м.д.: 0.86 с (3Н, Ме), 1.05 с (3Н, Ме), 1.25 т (3Н, Ме, J 6.8 Гц), 2.08 д (1Н, С⁸Н₂, ²J 16.2 Гц), 2.29 д (1H, C⁸H₂, ²J 16.2 Гц), 2.45 д (1H, C⁶H₂, ²J 17.6 Гц), 2.59 д (1Н, С⁶Н₂, ²J 17.6 Гц), 3.90 кв (2Н, ОСН₂, J 6.8 Гц), 4.46 с (1Н, Н⁴_{пирана}), 6.76 д (2Н, Н_{аром.}, J 8.3 Гц), 7.18 д (2Н, Н_{аром.}, *J* 8.3 Гц), 7.26–7.49 м (2Н, Н_{аром.}), 7.58 т (1Н, Н_{аром.}, *J* 7.4 Гц), 7.77–7.95 м (3Н, NH₂ и H_{аром.}), 8.03 с (1H, H⁵_{тиазола}), 8.76 с (1H, Н⁴_{кумарина}). Спектр ЯМР ¹³С, δ, м.д.: 15.2, 26.7, 29.3, 32.3, 36.9, 50.5, 63.3, 82.1, 114.2 (2C), 115.0, 115.5, 115.6, 116.3, 119.7, 120.4, 125.1, 129.4, 129.6 (2C), 132.1, 132.7, 136.6, 139.4, 146.7, 152.7, 157.5, 159.3, 161.8, 168.3, 196.1. Масс-спектр, *m/z* (*I*_{отн}, %): 541.2 (100) [M+1]⁺. Найдено, %: С 68.75; Н 5.14; N 5.80. C₃₁H₂₈N₂O₅S. Вычислено, %: С 68.87; Н 5.22; N 5.93. M 540.6.

2-Амино-4-(4-бромфенил)-7,7-диметил-3-(4фенил-1,3-селеназол-2-ил)-7,8-дигидро-4*H***хромен-5(6***H***)-он (14b). Выход 4.4 г (79%), желтый порошок, т. пл. 115–117°С (ЕtOH). ИК спектр, v, см⁻¹: 3200–3455 (NH₂), 1657 (С=О), 1619 (\deltaNH₂). Спектр ЯМР ¹H (CHCl₃), \delta, м.д.: 0.96 с (3H, Me), 1.12 с (3H, Me), 2.20 д (1H, С⁸H₂, ²***J* **16.4 Гц), 2.27 д (1H, C⁸H₂, ²***J* **16.4 Гц), 2.47 с (2H, C⁶H₂), 4.66 с (1H, H⁴_{пирана}), 6.75 уш.с (2H, NH₂), 7.25–7.48 м (7H, H_{аром.}), 7.75 с (1H, H⁵_{селеназола}), 7.80 д (2H, Н_{аром.},** *J* **7.3 Гц). Спектр ЯМР ¹³С, \delta, м.д.: 26.8, 29.1, 32.3, 50.4, 84.8, 91.3, 114.2, 115.0, 120.0, 126.6 (2C), 128.1, 129.2 (2C), 131.0 (2C), 131.3 (2C), 135.5,** 144.0, 152.4, 154.1, 162.2, 162.8, 173.6, 196.2. Массспектр, *m/z* (*I*_{отн}, %): 555.0 (100) [*M*+1]⁺. Найдено, %: С 56.22; Н 4.05; N 4.93. С₂₆Н₂₃BrN₂O₂Se. Вычислено, %: С 56.34; Н 4.18; N 5.05. *M* 554.4.

2-Амино-3-[4-(1,1'-бифенил)-1,3-селеназол-2ил]-4-(фуран-2-ил)-7.7-диметил-7.8-дигидро-4Н**хромен-5(6***H***)-он (14с).** Выход 4.2 г (78%), темнокрасный порошок, т. пл. 183-185°С (Диоксан). ИК спектр, v, см⁻¹: 3222–3450 (NH₂), 1655 (С=О), 1623 (δNH₂). Спектр ЯМР ¹Н, δ, м.д.: 0.96 с (3H, Me), 1.07 с (3H, Me), 2.18 д (1H, C⁸H₂, ²J 16.1 Гц), 2.34 д (1H, C⁸H₂, ²J 16.1 Гц), 2.52 д (1H, C⁶H₂, ²J 17.6 Гц), 2.60 д (1Н, С⁶Н₂, ²J 17.6 Гц), 4.63 с (1Н, Н⁴_{пирана}), 6.21 с (1H, H³_{фурана}), 6.28 с (1H, H⁴_{фурана}), 7.37 т (1H, Н_{аром.}, J 6.8 Гц), 7.42 с (1Н, Н⁵_{селеназола}), 7.47 т (2Н, Н_{аром.}, *J* 7.44 Гц), 7.72 т (4Н, Н_{аром.}, *J* 8.6 Гц), 7.95 д (2H, H_{аром}, J 8.0 Гц), 8.14 уш.с (2H, NH₂), 8.26 с (1H, $H_{\phi y p a H a}^{-1}$). CREKTP SIMP ¹³C, δ , M.d.: 26.8, 29.2, 32.4 (2C), 32.9, 50.4, 82.9, 107.6, 110.8, 112.5, 114.3, 127.0 (4C), 127.1 (2C), 128.0, 129.4 (2C), 134.6, 139.7, 140.1, 142.0, 152.6, 153.7, 155.3, 163.3, 173.7, 195.9. Масс-спектр, *m/z* (*I*_{отн}, %): 543.2 (100) [*M*+1]⁺. Найдено, %: С 66.33; Н 4.70; N 4.97. С₃₀Н₂₆N₂O₃Se. Вычислено, %: С 66.42; Н 4.83; N 5.16. М 542.5.

2-Амино-3-[4-(1,1'-бифенил)-1,3-селеназол-2-ил]-7,7-диметил-4-(тиофен-2-ил)-7,8-дигидро-4Нхромен-5(6H)-он (14d). Выход 4.3 г (77%). светложелтые поленообразные кристаллы, т. пл. 189-191°С (диоксан). ИК спектр, v, см⁻¹: 3280–3444 (NH₂), 1652 (C=O), 1621 (бNH₂). Спектр ЯМР ¹Н, б, м.д.: 0.91 c (3H, Me), 1.06 c (3H, Me), 2.17 g (1H, C^8H_2 , 2J 16.2 Гц), 2.34 д (1Н, С⁸Н₂, ²Ј 16.2 Гц), 2.46 д (1Н, С⁶Н₂, ²*J* 17.6 Гц), 2.59 д (1Н, С⁶Н₂, ²*J* 17.6 Гц), 4.83 с (1H, H⁴_{пирана}), 6.84 т (1H, H⁴_{тиофена}, J 4.0 Гц), 6.97 д $(1H, H^3_{тиофена}, J 3.0 \Gamma \mu), 7.24 д (1H, H^5_{тиофена}, J 5.0 \Gamma \mu),$ 7.39 т (1Н, Н_{аром.}, *J* 7.3 Гц), 7.48 т (2Н, Н_{аром.}, *J* 7.3 Гц), 7.71 д (2Н, Наром., Ј 8.6 Гц), 7.74 д (2Н, Наром., Ј 8.6 Гц), 7.96 д (2H, H_{аром}, *J* 8.2 Гц), 8.18 уш.с (2H, NH₂), 8.26 c (1H, H⁵_{ceлeназола}). Спектр ЯМР ¹³С, δ, м.д.: 26.7, 29.2, 32.4, 34.2, 50.4, 85.4, 114.5, 115.3, 125.0, 126.1, 126.9 (3C), 127.0, 127.1, 127.5 (2C), 128.0, 129.4 (3C), 134.2, 139.9, 140.0, 149.2, 152.4, 153.7, 162.4, 173.9, 196.1. Масс-спектр, *m/z* (*I*_{отн}, %): 559.0 (100) [*M*+2]⁺. Найдено, %: С 64.49; Н 4.62; N 4.93. С₃₀Н₂₆N₂O₂SSe. Вычислено, %: С 64.62; Н 4.70; N 5.02. M 557.6.

2-Амино-7-гексилокси-4-циклогексил-4*H*хромен-3-карбонитрил (17) получали аналогично соединениям 14 при соответствующем использовании 1.21 мл (10 ммоль) циклогексанкарбоксальдегида 1i, 1.0 г (10 ммоль) цианотиоацетамида 2a, 1.1 г (10 ммоль) резорцина 15 и 1.48 мл (10 ммоль) гексилиодида 16. Выход 2.5 г (71%), бесцветные кристаллы, т. пл. 135–137°С (АсОН). ИК спектр, v, cm^{-1} : 3215–3446 (NH₂), 2212 (C=N), 1633 (δ NH₂). Спектр ЯМР ¹Н, б, м.д.: 0.83 т (3Н, Ме, *J* 7.1 Гц), 0.87-1.18 м (4Н, Налиф), 1.22-1.32 м (8Н, Налиф), 1.49-1.68 м (5Н, Налиф.), 2.44-2.48 м (2Н, Налиф.), 3.22 д (1Н, Н⁴_{пирана}, J 3.4 Гц), 3.89 т (2Н, ОСН₂, J 6.5 Гц), 6.44 с (1H, C⁸H), 6.66 д (1H, C⁶H, J 8.5 Гц), 6.79 уш.с (2H, NH₂), 7.02 д (1H, C⁵H, J 8.5 Гц). Спектр ЯМР ¹³С, δ, м.д.: 14.4, 22.5 (2С), 25.6 (2С), 26.2, 26.4 (2C), 29.0, 29.4, 31.4, 47.2, 53.0, 68.1, 101.5, 111.4, 115.8, 122.1, 129.6, 151.1, 158.5, 162.7. HRMS (ESI), *m/z*: найдено 355.2380 [*M*+H]⁺. С₂₂Н₃₀N₂O₂. Вычислено 355.2307.

ФОНДОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы повышения конкурентоспособности РУДН «5-100». Рентгеновские измерения были проведены на оборудовании уникальной научной установки Курчатовский источник синхротронного излучения, финансируемой Министерством образования и науки РФ (идентификатор проекта RFMEFI61917X0007), а также грантов Российского Фонда Фундаментальных Исследований № 18-53-06006 Аз_а и № 16-29-10669 офи_м.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Pevarello P., Amici R., Villa M., Salom B., Vulpetti A., Varasi M. Пат. 6784198 (2004). США. РЖХим. 2005. 05.07-190.135П.
- Sanner M.A., Helal C.J., Cooper C.B. Пат. 6720427 (2004). США. РЖХим. 2005. 05.04-19О.172П.
- Bender W., Betz U., Kleymann G., Baumeister J., Eckenberg P., Fischer R., Handke-Ergueden G., Hendrix M., Henninger K., Jensen A., Keldenich J., Reefschlöger J., Schmidf T., Schneider U., Weber O. Заявка 10210319 (2003). Германия. РЖХим. 2004. 04.22-19O.114П.
- Haap W., Hölzl W., Ochs D., Puchtler K., Schnyder M. Заявка 1103180 (2001). ЕПВ. РЖХим. 2001. 01.17-19О.327П.
- Drewe J.A., Xiong C.S., Wang Y. Пат. 6906203 (2005). США. РЖХим. 2006. 06.14-19О.57П.

- Konkay C.S., Fick D.B., Cai S.X., Lan N.C., Keana J.F.W. Пат. 6800657 (2004). США. РЖХим. 2005. 05.18-19О.110П.
- Хехст А., Бон М., Кромер К.Т., Маркус С.А. Заявка 99108756 (2001). Россия. РЖХим. 2001. 01.14-19О.100П.
- Darvesh S., Magee D., Valenta Z., Martin E. Пат. 6436972 (2002). США. РЖХим. 2003. 03.07-19О.87П.
- Crooks P.A., Dull G.M., Caldwell W.S., Bhatti B.S., Deo N.M., Ravard A. Пат. 6624173 (2003). США. *РЖХим.* 2004. 04.11-19О.86П.
- Дяченко И.В., Дяченко В.Д. ЖорХ. 2016, 52, 40. [Dyachenko I.V., Dyachenko V.D. Russ. J. Org. Chem. 2016, 52, 32.] doi 10.1134/S1070428016010061
- Дяченко И.В., Дяченко В.Д. ЖорХ. 2015, 51, 1319. [Dyachenko I.V., Dyachenko V.D. Russ. J. Org. Chem. 2015, 51, 1293.] doi 10.1134/S1070428015090146
- Дяченко В.Д., Пугач Ю.Ю. ЖОХ. 2013, 83, 845. [Dyachenko V.D., Pugach Yu.Yu. Russ. J. Gen. Chem. 2013, 83, 979.] doi 10.1134/S1070363213050162
- 13. Dimrot K., Wolf K., Kroke H. J. Lie. Ann. Chem. 1964, 678, 181. doi 10.1002/jlac.19646780119
- Дяченко В.Д., Дяченко И.В., Ненайденко В.Г. Усп. хим. 2018, 87, 1. [Dyachenko V.D., Dyachenko I.V., Nenaidenko V.G., Russ. Chem. Rev. 2018, 87, 1.] doi 10.1070/RCR4760
- 15. Антипин И.С., Казымова М.А., Кузнецов М.А., Васильев А.В., Ищенко М.А., Кирюшкин А.А., Кузнецова Л.М., Макаренко С.В., Островский В.А., Петров М.Л., Солод О.В., Тришин Ю.Г., Яковлев И.П., Ненайденко В.Г., Белоглазкина Е.К., Белецкая И.П., Устынюк Ю.А., Соловьев П.А., Иванов И.В., Малина Е.В., Сивова Н.В., Негребецкий В.В., Бауков Ю.И., Пожарская Н.А., Травень В.Ф., Щекотихин А.Е., Варламов А.В., Борисова Т.Н., Лесина Ю.А., Краснокутская Е.А., Рогожников С.И., Шуров С.Н., Кустова Т.П., Клюев М.В., Хелевина О.Г., Стужин П.А., Федоров А.Ю., Гущин А.В., Додонов В.А., Колобов А.В., Плахтинский В.В., Орлов В.Ю., Кривенько А.П., Федотова О.В., Пчелинцева Н.В., Чарушин В.Н., Чупахин О.Н., Климочкин Ю.Н., Климочкина А.Ю., Курятников В.Н., Малиновс-Ю.А., Левина А.С., Журавлев кая O.E., Ворончихина Л.И., Фисюк А.С., Аксенов А.В., Аксенов Н.А., Аксенова И.В. ЖорХ. 2017, 53, 1257. [Antipin I.S., Kazymova M.A., Kuznetsov M.A., Vasilyev A.V., Ishchenko M.A., Kiryushkin A.A., Kuznetsova L.M., Makarenko S.V., Ostrovskii V.A., Petrov M.L., Solod O.V., Trishin Yu.G., Yakovlev I.P., Nenaidenko V.G., Beloglazkina E.K., Beletskaya I.P., Ustynyuk Yu.A., Solov'ev P.A., Ivanov I.V., Malina E.V., Sivova N.V., Negrebetskii V.V., Baukov Yu.I., Pozharskaya N.A., Traven' V.F., Shchekotikhin A.E., Varlamov A.V., Borisova T.N., Lesina Yu.A., Krasnokutskava E.A., Rogozhnikov S.I., Shurov S.N.,

Kustova T.P., Klyuev M.V., Khelevina O.G., Stuzhin P.A., Fedorov A.Yu., Gushchin A.V., Dodonov V.A., Kolobov A.V., Plakhtinskii V.V., Orlov V.Yu., Kriven'ko A.P., Fedotova O.V., Pchelintseva N.V., Charushin V.N., Chupakhin O.N., Klimochkin Yu.N., Klimochkina A.Yu., Kuryatnikov V.N., Malinovskaya Yu.A., Levina A.S., Zhuravlev O.E., Voronchikhina L.I., Fisyuk A.S., Aksenov A.V., Aksenov N.A., Aksenova I.V., *Russ. J. Org. Chem.* **2017**, *53*, 1275.] doi 10.1134/S1070428017090019

16. Коновалов А.И., Антипин И.С., Бурилов В.А., Маджидов Т.И., Курбангалиева А.Р., Немтарев А.В., Соловьева С.Е., Стойков И.И., Мамедов В.А., Захарова Л.Я., Гаврилова Е.Л., Синяшин О.Г., Балова И.А., Васильев А.В., Зенкевич И.Г., Красавин М.Ю., Кузнецов М.А., Молчанов А.П., Новиков М.С., Николаев В.А., Родина Л.Л., Хлебников А.Ф., Белецкая И.П., Вацадзе С.З., Громов С.П., Зык Н.В., Лебедев А.Т., Леменовский Д.А., Петросян В.С., Ненайденко В.Г., Негребецкий В.В., Бауков Ю.И., Шмиголь Т.А., Корлюков А.А., Тихомиров А.С., Щекотихин А.Е., Травень В.Ф., Воскресенский Л.Г., Зубков Ф.И., Голубчиков О.А., Семейкин А.С., Березин Д.Б., Стужин П.А., Филимонов В.Д., Краснокутская Е.А., Федоров А.Ю., Нючев А.В., Орлов В.Ю., Бегунов Р.С., Русаков А.И., Колобов А.В., Кофанов Е.Р., Федотова О.В., Егорова А.Ю., Чарушин В.Н., Чупахин О.Н., Климочкин Ю.Н., Осянин В.А., Резников А.Н., Фисюк А.С., Сагитуллина Г.П., Аксенов А.В., Аксенов Н.А., Грачев М.К., Масленникова В.И., Коротеев М.П., Брель А.К., Лисина С.В., Медведева С.М., Шихалиев Х.С., Субоч Г.А., Товбис М.С., Миронович Л.М., Иванов С.М., Курбатов С.В., Клецкий М.Е., Буров О.Н., Кобраков К.И., Кузнецов Д.Н. ЖорХ. 2018, 54, 161. [Konovalov A.I., Antipin I.S., Burilov V.A., Madzhidov T.I., Kurbangalieva A.R., Nemtarev A.V., Solovieva S.E., Stoikov I.I., Mamedov V.A., Zakharova L.Ya., Gavrilova E.L., Sinyashin O.G., Balova I.A., Vasilyev A.V., Zenkevich I.G., Krasavin M.Yu., Kuznetsov M.A., Molchanov A.P., Novikov M.S., Nikolaev V.A., Rodina L.L., Khlebnikov A.F., Beletskaya I.P., Vatsadze S.Z., Gromov S.P., Zyk N.V., Lebedev A.T., Lemenovskii D.A., Petrosyan V.S., Nenaidenko V.G., Negrebetskii V.V., Baukov Yu.I., Shmigol' T.A., Korlyukov A.A., Tikhomirov A.S., Shchekotikhin A.E., Traven' V.F., Voskresenskii L.G., Zubkov F.I., Golubchikov O.A., Semeikin A.S., Berezin D.B., Stuzhin P.A., Filimonov V.D., Krasnokutskaya E.A., Fedorov A.Yu., Nyuchev A.V., Orlov V.Yu., Begunov R.S., Rusakov A.I., Kolobov A.V., Kofanov E.R., Fedotova O.V., Egorova A.Yu., Charushin V.N., Chupakhin O.N., Klimochkin Yu.N., Osyanin V.A., Reznikov A.N., Fisyuk A.S., Sagitullina G.P., Aksenov A.V., Aksenov N.A., Grachev M.K., Maslennikova V.I., Koroteev M.P., Brel' A.K., Lisina S.V., Medvedeva S.M., Shikhaliev Kh.S., Suboch G.A., Tovbis M.S., Mironovich L.M., Ivanov S.M., Kurbatov S.V., Kletskii M.E., Burov O.N., Kobrakov K.I., Kuznetsov D.N., *Russ. J. Org. Chem.* **2018**, *54*, 157.] doi 10.1134/S107042801802001X

- Дяченко В.Д., Битюкова О.С., Дяченко А.Д. ЖорХ.
 2011, 47, 1317. [Dyachenko V.D., Bityukova O.S., Dyachenko A.D. Russ. J. Org. Chem. 2011, 47, 1335.] doi 10.1134/S1070428011090132
- Дяченко В.Д. ЖорХ. 2011, 47, 1508. [Dyachenko V.D. Russ. J. Org. Chem. 2011, 47, 1535.] doi 10.1134/ S1070428011100150
- Кривоколыско С.Г., Дяченко В.Д., Нестеров В.Н., Литвинов В.П. XTC. 2001, 929. [Krivokolysko S.G., Dyachenko V.D., Litvinov V.P. Chem. Heterocycl. Comp. 2001, 37, 1114.] doi 10.1023/A:1013231800661
- 20. Дяченко В.Д., Чернега А.Н. *ЖорХ*. **2006**, *42*, 585. [Dyachenko V.D., Chernega A.N. *Russ. J. Org. Chem.* **2006**, *42*, 567.] doi 10.1134/S1070428006040142

- 21. Дяченко В.Д. ЖОХ. **2006**, *76*, 299. [Dyachenko V.D. *Russ. J. Gen. Chem.* **2006**, *76*, 282.] doi: 10.1134/ S1070363206020216
- Кривоколыско С.Г., Дяченко В.Д., Чернега А.Н., Литвинов В.П. Изв. АН. Сер. хим. 2000, 49, 733. [Krivokolysko S.G., Dyachenko V.D., Chernega A.N., Litvinov V.P. Russ. Chem. Bull. 2000, 49, 736.] doi 10.1007/BF02495493
- Abd-El-Aziz A.S., Egrody M., Bedair A.H., Corkery T., Ata A. *Heterocycles*. 2004, 63, 1793. doi 10.3987/COM-04-10089
- Battye T.G., Kontogiannis L., Johnson O., Powell H.R., Leslie A.G.W. Acta Cryst. 2011, D67, 271. doi 10.1107/ S0907444910048675
- 25. Evans P. Acta Cryst. 2006, D62, 72. doi 10.1107/ S0907444905036693
- Sheldrick G.M. Acta Cryst. 2015, C71, 3. doi 10.1107/ S2053229614024218

Multicomponent Synthesis of Derivatives of Thiazole, Selenazole, Pyrane and Pyridine, Initiated by the Reaction of Knoevenagel

I. V. Dyachenko^{*a*}, V. D. Dyachenko^{*a*}, P. V. Dorovatovskii^{*b*}, V. N. Khrustalev^{*b*, *c*}, and V.G. Nenaidenko^{*d*}, *

^a Taras Shevchenko Lugansk National University, 91011, Ukraine, Lugansk, Oboronnaya ul. 2

^b National Research Center "Kurchatov Institute["], 123182, Russia, Moscow, ul. Acad. Kurchatova 1

^c Russian Peoples Friendship University, 117198, Russia, Moscow, ul. Miklouho-Maclaya 6

^d Lomonosov Moscow State University, 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory 1, stroenie 3 *e-mail: nenajdenko@gmail.com

> Received June 1, 2018 Revised June 16, 2018 Accepted August 14, 2018

Based on multicomponent condensation initiated by the Knoevenagel reaction, (2E,2'E)-3,3'-[propane-1,3-diylbis(oxy)bis(4,1-phenylene)]bis[2-(4-(4-arylthiazol-2-yl))acrylonitriles], functionally substituted pyridines and fused pyrans, containing in position 3-thio(seleno)azole substituent. The structure of 2-amino-5-oxo-4-(1-phenylethyl)-4,5-dihydropyrano[3,2-*c*]chromene-3-carbonitrile and 2-amino-7-hexyloxy-4-cyclohexyl-4*H*-chromen-3-carbonitrile was studied by X-ray diffraction.

Keywords: thiazole, selenazole, pyran, pyridine, Knoevenagel reaction, X-ray structural analysis