

О РЕАКЦИЯХ *N*-АРИЛ-3-(АРИЛИМИНО)-3*H*-1,2,4-ДИТИАЗОЛ-5-АМИНОВ С ЭТИНИЛСУЛЬФОНАМИ

© 2022 г. С. Г. Кострюков*, Ю. Ю. Мастерова, Е. Ю. Пугачева

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»,
Россия, 430005 Саранск, ул. Большевикская, 68
*e-mail: kostryukov_sg@mail.ru

Поступила в редакцию 04.09.2021 г.

После доработки 16.09.2021 г.

Принята к публикации 19.09.2021 г.

N-Арил-3-(арилимино)-3*H*-1,2,4-дитиазол-5-амины вступают в реакцию 1,3-диполярного присоединения с метил-, трифторметил-, фенил- и *n*-толил(фенилэтинил)сульфонами при кипячении в этаноле с образованием соответствующих 1-[(5-*R*-сульфонил)-3,4-диарилтиазол-2(3*H*)илиден]-3-арилтиомочевин.

Ключевые слова: *N*-арилтиомочевина, 1,5-диарил-2,4-дитиобиурет, *N*-арил-3-(арилимино)-3*H*-1,2,4-дитиазол-5-амин, этинилсульфон, 1,3-диполярное присоединение, дитиазол

DOI: 10.31857/S0514749222040061, EDN: PVBBDQ

ВВЕДЕНИЕ

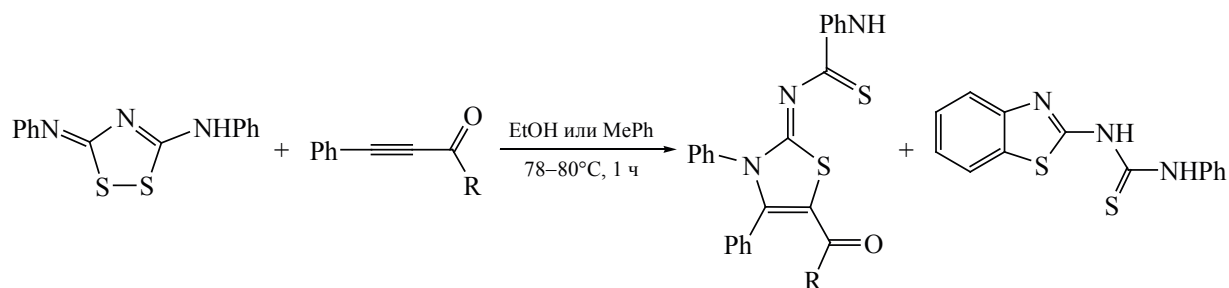
Известно [1–3], что сульфонилазамещённые алкины благодаря значительному электроноакцепторному эффекту SO₂-группы проявляют высокую активность как диполярофилы в реакциях [2+3]-циклоприсоединения. Так, этинилсульфоны вступают в реакции с диазоалканами [4, 5], азидами [6–9], нитронами [10, 11], пиридин-*N*-оксидом [12], нитрилоксидами [13, 14], нитрилиминами [15, 16], нитриллидами [17] и азометинидами [18]. Кроме того, известны реакции таких ацетиленов с соединениями с мезоионной структурой – мюнхнонами и сиднонами [19–21], которые являются «замаскированными» 1,3-диполями. Все эти реакции открывают путь к получению сульфонилазамещённых азотсодержащих пятичленных гетероциклов, представляющих значительный интерес в качестве веществ с потенциально высокой биологической активностью [22]. В то же время реакции этинилсульфонов с серосодержащими 1,3-диполями не изучены. Имеются единичные примеры взаимодействия замаскированных серосодержащих диполей с электронодефицитными кратными связями, в частности реакции присоединения 5-имино-*N*,4-дифенил-4,5-дигидро-1,2,4-тиадиа-

зол-3-амина к дибензоилацетилену и диметилвому эфиру ацетилендикарбоновой кислоты [23], а также 3-фениламино-5-фенилимино-1,2,4-дитиазола к 1-ацил-2-фенилацетиленам [24]. Интерес к синтезу новых производных тиазола обусловлен тем, что тиазольное кольцо является хорошим фармакофорным ядром. Известны производные тиазола, проявляющие широкий спектр биологической активности: антиоксидантную, анальгетическую, противомикробную, противораковую, противоаллергическую, гипотензивную и противовоспалительную [25].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящей работе мы изучили взаимодействие ацетиленовых сульфонов **1–4** с «замаскированными» 1,3-диполями – *N*-арил-3-(арилимино)-3*H*-1,2,4-дитиазол-5-аминами **6a–c** с целью получения неизвестных ранее сульфонилазамещённых производных 1,3-тиазола. Следует отметить, что примеры реакций данных соединений с ацетиленовыми сульфонами в литературе нами не найдены, только описан единственный пример взаимодействия *N*-фенил-3-(фенилимино)-3*H*-1,2,4-дитиазол-5-амин с ацетиленовыми кетонами (схема 1) [24].

Схема 1



Метил- (**1**) [26], фенил- (**2**) [27] и *n*-толил- (**3**) [26] (фенилэтинил)сульфоны получены по методикам, основанным на реакции присоединения к фенилацетилену метан-, бензол- или *n*-толуолсульфогалогенидов с последующим 1,2-дегидрогалогенированием образовавшихся аддуктов, а трифторметил(фенилэтинил)сульфон (**4**) получали взаимодействием фенилэтиниллития с ангидридом трифторметансульфоновой кислоты (схема 2) [28].

N-Арил-3-(арилимино)-3*H*-1,2,4-дителиазол-5-амины **6a-c** были синтезированы согласно общей методике [29] взаимодействием 1,5-диарил-2,4-дителиазолиуретов **5a-c** с этанольным раствором йода и последующей обработкой образующихся гидроидов *N*-арил-3-(арилимино)-3*H*-1,2,4-дителиазол-

5-аминов **6a-c** 12%-ным водным раствором амиака. 1,5-Диарил-2,4-дителиобиуреты **5a-c**, в свою очередь, получены реакцией *N*-арилтиомочевин, синтезированных из соответствующих анилинов и роданида аммония [30], с арилизоотиоцианатами (схема 3).

Реакции этинилсульфонов **1-4** с соединениями **6a-c** проводили при кипячении в этаноле. В каждом случае в качестве основного продукта образовывались соответствующие 1-[5-(*R*-сульфонил)-4-фенил-3-арилтиазол-2(3*H*)-илиден]-3-арилтиомочевины **7a-c-10a-c**, а в качестве примеси – производные 1-(бензо[*d*]тиазол-2-ил)-3-арилтиомочевины **11a-c** (схема 4).

Соединения **7a-c-10a-c** выделены в индивидуальном состоянии в процессе фильтрования реак-

Схема 2

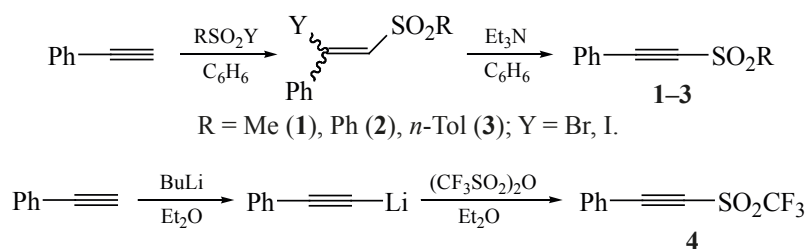


Схема 3

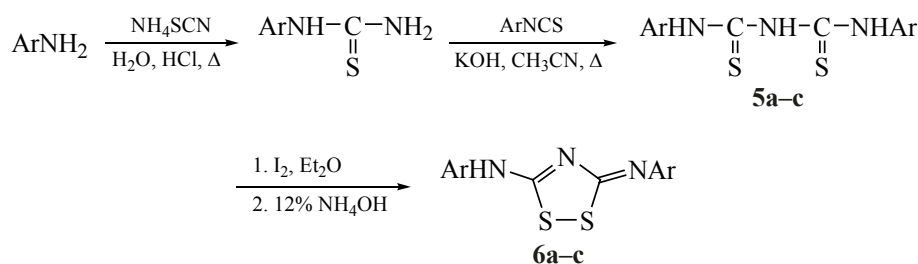
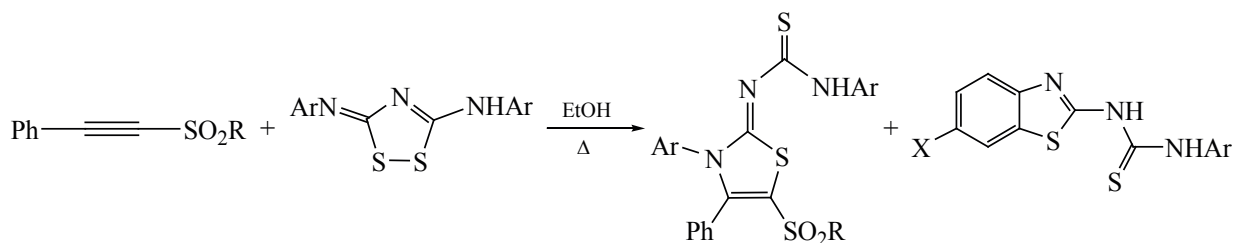


Схема 4



1–4

6a–c

7a–c–10a–c

11a–c

R = Me (1, 7), Ph (2, 8), *n*-Tol (3, 9), CF₃ (4, 10); Ar = Ph (a), *n*-Tol (b), 4-BrC₆H₄ (c);

X = H (a), Me (b), Br (c).

ционной смеси, а соединения **11a–c** – с помощью флеш-хроматографии на силикагеле остатка, полученного после упаривания маточного раствора.

Продолжительность реакций ацетиленовых сульфонов **1–4** с *N*-арил-3-(арилимино)-3H-1,2,4-дитиазол-5-аминами **6a–c** и выходы продуктов реакций **7a–c–11a–c** представлены в таблице.

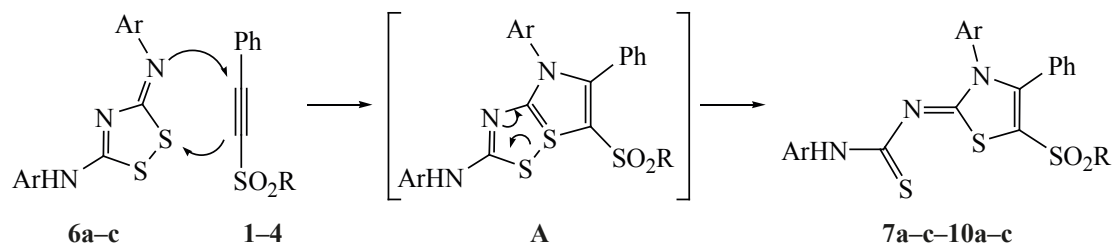
Строение всех гетероциклов **7a–c–11a–c** подтверждено данными элементного анализа, ЯМР ¹H, ¹³C и ИК спектров. Тиазольная структура полученных соединений идентифицирована по серии широких полос в ИК спектрах в области 1460–1510 см⁻¹. Характеристические полосы поглощения в области ~ 1120–1150 и ~ 1380–

1360 см⁻¹ соответствуют симметричным и антисимметричным валентным колебаниям сульфогруппы. Валентные колебания NH-группы проявляются в ИК спектрах соединений **7a–c–11a–c** как широкие полосы средней интенсивности в области 3220–3240 см⁻¹. Наличие в структуре тиазолов **7a–c–11a–c** фрагмента тиомочевины подтверждается присутствием в ИК спектре полосы средней интенсивности при 1390–1400 см⁻¹, обусловленной валентными колебаниями связи C=S [31]. В спектрах ЯМР ¹H соединений **7a–c–10a–c** обнаруживаются мультиплеты протонов ароматических колец в области 6.8–7.9 м.д. и уширенный синглетный сигнал протона NH-группы

Условия проведения реакций и выходы продуктов

Этинилсульфон	Дитиазол	Продолжительность реакции, мин	Выход, %	
			тиазол	бензо[<i>d</i>]тиазол
1	6a	60	53 (7a)	12 (11a)
1	6b	60	48 (7b)	15 (11b)
1	6c	60	56 (7c)	10 (11c)
2	6a	60	52 (8a)	13 (11a)
2	6b	60	49 (8b)	16 (11b)
2	6c	60	58 (8c)	11 (11c)
3	6a	60	55 (9a)	14 (11a)
3	6b	60	50 (9b)	15 (11b)
3	6c	60	59 (9c)	10 (11a)
4	6a	30	59 (10a)	10 (11a)
4	6b	30	55 (10b)	10 (11b)
4	6c	30	64 (10c)	5 (11c)

Схема 5



R = Me (**1**, **7**), Ph (**2**, **8**), *n*-Tol (**3**, **9**), CF₃ (**4**, **10**); Ar = Ph (**a**), *n*-Tol (**b**), 4-BrC₆H₄ (**c**).

(~ 10.6 м.д.). В спектрах ЯМР ¹³C тиазолов **7a-c-10a-c** наблюдаются сигналы атомов углерода ароматических колец и атома углерода тиазольного цикла C⁵ в области 104–132 м.д., а также атомов углерода тиазольного цикла C⁴ и C² в областях ~ 135–145 и ~ 164–168 м.д., соответственно; наличие тиокарбонильной группы подтверждается присутствием сигнала 182–186 м.д. Трифторметильный фрагмент в соединениях **10a-c** идентифицируется по квадруплетному сигналу атома углерода ~ 120 м.д. с константой спин-спиновой взаимодействия (КССВ) $J_{C-F} \sim 327$ Гц. Спектры ЯМР ¹H и ¹³C 1-(бензо[*d*]тиазол-2-ил)-3-арилтиомочевин **11a-c** совпадают с приведенными в литературе [32].

Основываясь на литературных аналогиях [24], можно предположить, что образование тиазолов **7a-c-10a-c** является результатом 1,3-диполярного присоединения производных 1,2,4-дитиазола **6a-c** по тройной связи ацетиленовых сульфонов **1-4**, которое протекает через образование циклического интермедиата **A** (схема 5).

1-(Бензо[*d*]тиазол-2-ил)-3-арилтиомочевин **11a-c** образуются в результате внутримолекулярной перегруппировки исходных 1,2,4-дитиазолов **6a-c** через промежуточное соединение **B** (схема 6).

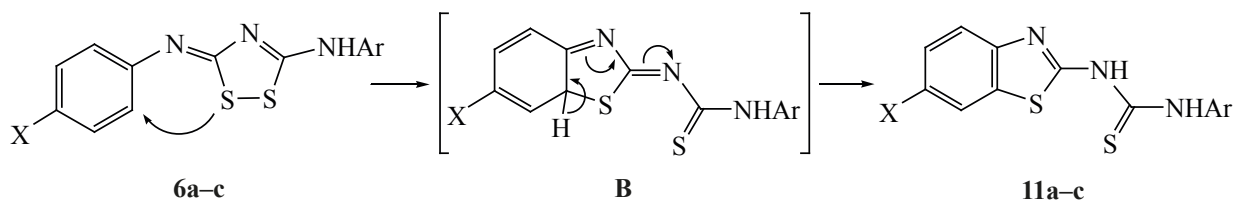
Этой перегруппировке способствует термическая нестабильность соединений **6a-c**. Описаны

аналогичные термические и кислотнокатализируемые перегруппировки [33, 34]. Нами установлено, что при кипячении этанольных растворов соединений **6a-c** в течение 12 ч происходит их полное превращение в производные бензо[*d*]тиазола **11a-c**.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Спектры ЯМР ¹H и ¹³C растворов соединений в ДМСО-*d*₆ и записаны на спектрометре JEOL JNM-ECX400 (JEOL Ltd., Япония) (400 и 100 МГц соответственно). В качестве реперных точек при обработке спектров использованы сигналы остаточных протонов (δ 2.50 м.д.) и углеродных атомов (δ 39.51 м.д.) ДМСО-*d*₆. ИК спектры получены в таблетках KBr на фурье-спектрометре ИнфраЛИУМ ФТ-02 (ООО «Люмэкс», Россия). Элементные анализы выполнены на СНNS-анализаторе Vario MICRO (Elementar, Германия). Условия аналитической ТСХ: адсорбент – Sorbfil, элюент – гексан-*t*-BuOMe, 2:1, проявление в иодной камере или УФ светом. Флеш-хроматографию проводили на сухой колонке с силикагелем Merck 60 (0.040–0.063 мм⁻¹), элюент – гексан–этилацетат, (10–6):1. Температуры плавления соединений определяли в запаянных стеклянных капиллярах с использованием анализатора точки плавления MP-50 (Mettler-Toledo, Швейцария).

Схема 6



Ar = Ph (**a**), *n*-Tol (**b**), 4-BrC₆H₄ (**c**); X = H (**a**), Me (**b**), Br (**c**).

В работе использовали коммерчески доступные реагенты: анилин (99%), *n*-толуидин (99%), *n*-броманилин (99%), роданид аммония (97.5%), фенилизотиоцианат (98%), *n*-толилизотиоцианат (97%), (*n*-бромфенил)изотиоцианат (97%), фенилацетилен (99%), метансульфохлорид (98%), бензолсульфохлорид (98%), *n*-толуолсульфохлорид (98%), ангидрид трифторметансульфоновой кислоты (98%) производства «Sigma-Aldrich». Растворители предварительно очищали перегонкой.

1,5-Диарил-2,4-дитиобиуреты **5a–c** [29], *N*-арил-3-(арилимино)-3*H*-1,2,4-дитиазол-5-амины **6a–c** [25], метил- (1) [26], фенил- (2) [27], *n*-толил- (3) [26] и трифтор- (4) [28] (фенилэтинил)сульфоны получены по литературным методикам.

Реакция (фенилэтинил)сульфонов 1–4 с *N*-арил-3-(арилимино)-3*H*-1,2,4-дитиазол-5-аминами 6a–c (общая методика). К раствору 1 ммоль одного из соединений **1–4** в 30 мл этанола добавляли 1 ммоль одного из соединений **6a–c**, после чего реакционную смесь кипятили при перемешивании в течение 30 или 60 мин (см. таблицу). После охлаждения до комнатной температуры выпавший осадок отфильтровывали, на фильтре промывали этанолом, сушили в вакууме в течение 20 мин при 60–70°C, затем перекристаллизовывали из диоксана и получали тиазолы **7a–c–10a–c**. Фильтрат упаривали в вакууме, остаток подвергали флеш-хроматографии на силикагеле и получали соединения **11a–c**, которые дополнительно очищали перекристаллизацией из этанола.

1-[5-Метилсульфонил-3,4-дифенилтиазол-2(3*H*)-илиден]-3-фенилтиомочевина (7a). Получена из 0.180 г соединения **1** и 0.285 г соединения **6a**. Выход 0.247 г (53%), жёлтые кристаллы, т.пл. 245–247°C (с разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3230 сл (N–H), 3213 сл, 1593 сл, 1497 с, 1481 с, 1396 ср (C=S), 1321 с (асимм. SO₂), 1281 ср, 1145 с (симм. SO₂), 756 ср, 536 ср. Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 3.11 с (3H, CH₃), 6.81–6.83 м (3H_{аром}), 7.06–7.08 м (2H_{аром}), 7.28–7.30 м (3H_{аром}), 7.38–7.44 м (7H_{аром}), 10.54 уш.с (1H, NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м.д.: 45.5 (CH₃), 119.5 (C_{аром}), 120.1 (2C_{аром}), 122.6 (C_{аром}), 127.1 (C_{аром}), 127.8 (2C_{аром}, C⁵_{тиазол}), 128.1 (2C_{аром}), 128.8 (2C_{аром}), 129.3 (2C_{аром}), 129.9 (C_{аром}), 130.6 (2C_{аром}), 137.4 (C_{аром}), 139.6 (2C_{аром}), 144.0 (C⁴_{тиазол}), 169.0 (C²_{тиазол}), 182.7 (C=S).

Найдено, %: C 59.39; H 4.12; N 9.05. C₂₃H₁₉N₃O₂S₃. Вычислено, %: C 59.33; H 4.11; N 9.03.

1-[5-Метилсульфонил-3-(*n*-толил)-4-фенилтиазол-2(3*H*)-илиден]-3-(*n*-толил)тиомочевина (7b). Получена из 0.180 г соединения **1** и 0.313 г соединения **6b**. Выход 0.237 г (48%), жёлтые кристаллы, т.пл. 236–238°C (с разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3225 сл (N–H), 2985 ср, 1495 с, 1478 с, 1395 ср (C=S), 1350 с (асимм. SO₂), 1280 ср, 1156 с (симм. SO₂), 961 ср, 671 ср. Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 2.22 с (6H, 2CH₃C₆H₄), 3.15 с (3H, CH₃), 7.15 д (2H_{аром}, *J* 7.3 Гц), 7.29 д (2H_{аром}, *J* 7.3 Гц), 7.41–7.48 м (4H_{аром}), 7.49–7.55 м (3H_{аром}, *J* 8.2, 1.7 Гц), 7.75 д (2H_{аром}, *J* 7.7 Гц), 10.54 уш.с (1H, NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м.д.: 20.7 (CH₃C₆H₄), 20.8 (CH₃C₆H₄), 45.0 (CH₃), 121.1 (2C_{аром}), 124.2 (C_{аром}), 125.9 (2C_{аром}), 127.1 (C⁵_{тиазол}), 128.5 (2C_{аром}), 129.0 (C_{аром}), 129.5 (4C_{аром}), 129.8 (2C_{аром}), 129.9 (C_{аром}), 132.1 (C_{аром}), 135.6 (C_{аром}), 138.3 (C_{аром}), 143.9 (C⁴_{тиазол}), 167.7 (C²_{тиазол}), 183.1 (C=S). Найдено, %: C 60.85; H 4.71; N 8.54. C₂₅H₂₃N₃O₂S₃. Вычислено, %: C 60.83; H 4.70; N 8.51.

1-[5-Метилсульфонил-3-(4-бромфенил)-4-фенилтиазол-2(3*H*)-илиден]-3-(4-бромфенил)тиомочевина (7c). Получена из 0.180 г соединения **1** и 0.443 г соединения **6c**. Выход 0.349 г (56%), жёлтые кристаллы, т.пл. 242–242°C (с разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3230 сл (N–H), 1521 с, 1452 с, 1393 ср (C=S), 1352 с (асимм. SO₂), 1146 с (симм. SO₂), 961 ср, 671 ср. Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 3.16 с (3H, CH₃), 7.38–7.47 м (8H_{аром}), 7.50 т.т (1H_{аром}, *J* 7.5, 1.4 Гц), 7.55 д (2H_{аром}, *J* 7.6 Гц), 7.61 д.д (2H_{аром}, *J* 7.8, 1.5 Гц), 10.55 уш.с (1H, NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м.д.: 43.9 (CH₃), 119.0 (C_{аром}), 119.9 (C_{аром}), 124.2 (C_{аром}), 124.6 (2C_{аром}), 127.1 (C⁵_{тиазол}), 128.4 (2C_{аром}), 129.0 (C_{аром}), 129.3 (2C_{аром}), 129.7 (2C_{аром}), 132.0 (4C_{аром}), 135.8 (C_{аром}), 139.2 (C_{аром}), 143.7 (C⁴_{тиазол}), 167.5 (C²_{тиазол}), 186.1 (C=S). Найдено, %: C 44.28; H 2.74; N 6.78. C₂₃H₁₇Br₂N₃O₂S₃. Вычислено, %: C 44.31; H 2.75; N 6.74.

1-[3,4-Дифенил-5-(фенилсульфонил)тиазол-2(3*H*)-илиден]-3-фенилтиомочевина (8a). Получена из 0.242 г соединения **2** и 0.285 г соединения **6a**. Выход 0.274 г (52%), светло-жёлтый порошок, т.пл. 231–233°C (с разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3235 сл (N–H), 1505 с, 1475 с, 1390 ср (C=S),

1355 с (асимм. SO₂), 1140 с (симм. SO₂), 1014 ср, 750 ср, 671 ср. Спектр ЯМР ¹H, δ, м.д.: 7.10 т.т (1H_{аром}, *J* 7.3, 1.1 Гц), 7.20 т.т (1H_{аром}, *J* 8.3, 1.7 Гц), 7.31 т (2H_{аром} *J* 7.3 Гц), 7.40–7.54 м (7H_{аром}), 7.58–7.71 м (5H_{аром}), 7.75 д.д (2H_{аром}, *J* 7.8, 1.1 Гц), 7.87 д.д (2H_{аром}, *J* 7.8, 1.1 Гц), 10.61 уш.с (1H, NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м.д.: 122.2 (2C_{аром}), 123.5 (C_{аром}), 124.2 (C_{аром}), 126.5 (2C_{аром}), 128.1 (C_{аром}), 128.5 (2C_{аром}), 129.5 (2C_{аром}), 128.8 (C⁵_{тиазол}), 129.0 (3C_{аром}), 129.2 (4C_{аром}), 129.4 (2C_{аром}), 129.7 (2C_{аром}), 133.6 (C_{аром}), 136.7 (2C_{аром}), 139.7 (C_{аром}), 141.8 (C⁴_{тиазол}), 164.36 (C²_{тиазол}), 186.0 (C=S). Найдено, %: С 64.24; Н 4.13; N 7.11. C₂₈H₂₁N₃O₂S₃. Вычислено, %: С 64.26; Н 4.11; N 7.14.

1-[4-Фенил-5-фенилсульфонил-3-(*n*-толил)тиазол-2(3*H*)-илиден]-3-(*n*-толил)тиомочевина (8b). Получена из 0.242 г соединения **2** и 0.313 г соединения **6b**. Выход 0.272 г (49%), светло-жёлтый порошок, т.пл. 242–245°C (с разл.). ИК спектр, ν, см⁻¹: 3235 сл (N–H), 2921 сл, 1544 ср, 1507 с, 1470 с, 1385 ср (C=S), 1353 с (асимм. SO₂), 1146 с (симм. SO₂), 1058 ср, 989 ср, 762 ср, 669 ср. Спектр ЯМР ¹H, δ, м.д.: 2.33 с (3H, CH₃C₆H₄), 2.45 с (3H, CH₃C₆H₄), 7.11 т.т (1H_{аром}, *J* 6.9, 1.2 Гц), 7.26–7.39 м (5H_{аром}), 7.40–7.54 м (7H_{аром}), 7.64 д.д (2H_{аром}, *J* 7.8, 1.1 Гц), 7.74 д.д (2H_{аром}, *J* 7.8, 1.1 Гц), 7.84–7.88 м (1H_{аром}), 10.60 уш.с (1H, NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м.д.: 19.9 (CH₃C₆H₄), 20.7 (CH₃C₆H₄), 122.2 (2C_{аром}), 123.8 (C_{аром}), 124.2 (C_{аром}), 126.0 (2C_{аром}), 127.4 (C_{аром}), 128.5 (2C_{аром}), 129.0 (C_{аром}), 129.2 (2C_{аром}), 129.5 (2C_{аром}), 129.8 (2C_{аром}), 130.6 (C_{аром}), 131.3 (C_{аром}), 132.1 (C⁵_{тиазол}), 133.1 (C_{аром}), 135.5 (C_{аром}), 129.4 (2C_{аром}), 129.7 (2C_{аром}), 133.6 (C_{аром}), 135.6 (C_{аром}), 136.1 (C_{аром}), 137.4 (C_{аром}), 138.2 (C_{аром}), 139.7 (C_{аром}), 140.6 (C⁴_{тиазол}), 164.3 (C²_{тиазол}), 186.1 (C=S). Найдено, %: С 64.81; Н 4.54; N 7.59. C₃₀H₂₅N₃O₂S₃. Вычислено, %: С 64.84; Н 4.53; N 7.56.

1-[4-Фенил-5-фенилсульфонил-3-(4-бромфенил)тиазол-2(3*H*)-илиден]-3-(4-бромфенил)тиомочевина (8с). Получена из 0.242 г соединения **2** и 0.443 г соединения **6с**. Выход 0.397 г (58%), светло-жёлтый порошок, т.пл. 250–252°C (с разл.). ИК спектр, ν, см⁻¹: 3238 сл (N–H), 1601 сл, 1537 ср, 1510 с, 1472 с, 1388 ср (C=S), 1360 с (асимм. SO₂), 1149 с (симм. SO₂), 980 ср, 660 ср. Спектр ЯМР ¹H, δ, м.д.: 7.10 т.т (1H_{аром}, *J* 7.0, 1.2 Гц), 7.31 т (2H_{аром}

J 7.0 Гц), 7.35–7.47 м (7H_{аром}), 7.48–7.54 м (1H_{аром}), 7.55–7.61 м (1H_{аром}), 7.84–7.88 м (1H_{аром}), 7.64 д.д (1H_{аром}, *J* 6.9, 1.1 Гц), 7.71–7.79 м (3H_{аром}), 7.91 д.д (1H_{аром}, *J* 7.1, 1.2 Гц), 10.61 уш.с (1H, NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м.д.: 119.9 (C_{аром}), 122.0 (C_{аром}), 122.2 (2C_{аром}), 123.8 (C_{аром}), 124.1 (C_{аром}), 128.5 (2C_{аром}), 129.0 (2C_{аром}), 129.2 (4C_{аром}), 129.8 (2C_{аром}), 131.4 (C_{аром}), 131.9 (C⁵_{тиазол}), 132.0 (2C_{аром}), 131.3 (C_{аром}), 134.6 (C_{аром}), 135.3 (C_{аром}), 135.9 (C_{аром}), 136.2 (C⁴_{тиазол}), 139.8 (C_{аром}), 139.9 (C_{аром}), 164.2 (C²_{тиазол}), 186.10 (C=S). Найдено, %: С 49.09; Н 2.70; N 6.17. C₂₈H₁₉Br₂N₃O₂S₃. Вычислено, %: С 49.06; Н 2.79; N 6.13.

1-[3,4-Дифенил-5-тозилтиазол-2(3*H*)-илиден]-3-фенилтиомочевина (9a). Получена из 0.256 г соединения **3** и 0.285 г соединения **6a**. Выход 0.298 г (55%), жёлтые кристаллы, т.пл. 238–240°C (с разл.). ИК спектр, ν, см⁻¹: 3233 сл (N–H), 2920 сл, 1598 сл, 1545 ср, 1530 с, 1461 с, 1388 ср (C=S), 1355 с (асимм. SO₂), 1149 с (симм. SO₂), 1060 ср, 985 ср, 760 ср, 670 ср. Спектр ЯМР ¹H, δ, м.д.: 2.36 с (3H, CH₃C₆H₄), 7.11 т.т (1H_{аром}, *J* 7.0, 1.1 Гц), 7.11 т.т (1H_{аром}, *J* 7.3, 1.2 Гц), 7.29–7.38 м (4H_{аром}), 7.40–7.54 м (7H_{аром}), 7.63 д.д (2H_{аром}, *J* 8.1, 1.2 Гц), 10.61 уш.с (1H, NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м.д.: 21.5 (CH₃C₆H₄), 122.2 (2C_{аром}), 123.8 (C_{аром}), 124.2 (C_{аром}), 126.4 (2C_{аром}), 128.1 (2C_{аром}), 128.5 (2C_{аром}), 128.8 (C⁵_{тиазол}), 129.0 (C_{аром}), 129.0 (2C_{аром}), 129.2 (4C_{аром}), 129.7 (2C_{аром}), 130.1 (2C_{аром}), 136.6 (C_{аром}), 136.8 (C⁴_{тиазол}), 139.7 (2C_{аром}), 145.3 (C_{аром}), 164.3 (C²_{тиазол}), 186.1 (C=S). Найдено, %: С 64.29; Н 4.17; N 7.81. C₂₉H₂₃N₃O₂S₃. Вычислено, %: С 64.30; Н 4.28; N 7.76.

1-[4-Фенил-5-тозил-3-(*n*-толил)тиазол-2(3*H*)-илиден]-3-(*n*-толил)тиомочевина (9b). Получена из 0.256 г соединения **3** и 0.313 г соединения **6b**. Выход 0.285 г (50%), жёлтые кристаллы, т.пл. 242–244°C (с разл.). ИК спектр, ν, см⁻¹: 3230 сл (N–H), 2926 ср, 1599 сл, 1550 ср, 1532 с, 1460 с, 1386 ср (C=S), 1350 с (асимм. SO₂), 1150 с (симм. SO₂), 1050 ср, 1035 ср, 983 ср, 761 ср, 673 ср. Спектр ЯМР ¹H, δ, м.д.: 2.33 с (6H, 2CH₃C₆H₄), 2.36 с (3H, CH₃), 7.19 д (2H_{аром}, *J* 8.0 Гц), 7.29 д.д (2H_{аром}, *J* 7.8, 1.1 Гц), 7.36 д (2H_{аром}, *J* 8.0 Гц), 7.40–7.47 м (4H_{аром}), 7.48–7.54 м (3H_{аром}), 7.72–7.81 м (4H_{аром}), 10.59 уш.с (1H, NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м.д.: 20.8 (2C, 2CH₃C₆H₄), 21.5 (CH₃C₆H₄), 121.8 (2C_{аром},

124.2 ($C_{\text{аром}}$), 125.9 ($2C_{\text{аром}}$), 128.8 ($C^5_{\text{тиазол}}$), 129.0 ($C_{\text{аром}}$), 129.0 ($2C_{\text{аром}}$), 129.3 ($2C_{\text{аром}}$), 129.5 ($4C_{\text{аром}}$), 129.7 ($2C_{\text{аром}}$), 130.1 ($2C_{\text{аром}}$), 132.1 ($C_{\text{аром}}$), 135.6 ($C_{\text{аром}}$), 136.6 ($C^4_{\text{тиазол}}$), 137.4 ($2C_{\text{аром}}$), 138.3 ($C_{\text{аром}}$), 145.3 ($C_{\text{аром}}$), 164.2 ($C^2_{\text{тиазол}}$), 186.1 ($C=S$). Найдено, %: С 65.31; Н 4.75; N 7.40. $C_{31}H_{27}N_3O_2S_3$. Вычислено, %: С 65.35; Н 4.78; N 7.38.

1-[4-Фенил-5-тозил-3-(4-бромфенил)тиазол-2(3H)-илиден]-3-(4-бромфенил)тиомочевина (9с). Получена из 0.256 г соединения **3** и 0.443 г соединения **6с**. Выход 0.413 г (59%), жёлтые кристаллы, т.пл. 251–253°C (с разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3228 сл (N–H), 1601 сл, 1552 ср, 1528 с, 1455 с, 1388 ср (C=S), 1349 с (асимм. SO_2), 1143 с (симм. SO_2), 1050 ср, 972 ср, 754 ср, 670 ср. Спектр ЯМР 1H , δ , м.д.: 2.36 с (3H, $CH_3C_6H_4$), 7.35 д ($2H_{\text{аром}}$, J 8.2 Гц), 7.38–7.48 м ($8H_{\text{аром}}$), 7.48–7.53 м ($1H_{\text{аром}}$), 7.56 д ($2H_{\text{аром}}$, J 7.8 Гц), 7.72–7.77 м ($2H_{\text{аром}}$), 7.79 д ($2H_{\text{аром}}$, J 8.2 Гц), 10.61 уш.с (1H, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 21.5 ($CH_3C_6H_4$), 119.0 ($C_{\text{аром}}$), 119.9 ($C_{\text{аром}}$), 124.2 ($C_{\text{аром}}$), 124.2 ($C_{\text{аром}}$), 124.6 ($2C_{\text{аром}}$), 128.47 ($2C_{\text{аром}}$), 128.8 ($C^5_{\text{тиазол}}$), 128.0 ($C_{\text{аром}}$), 129.2 ($2C_{\text{аром}}$), 129.3 ($2C_{\text{аром}}$), 129.7 ($2C_{\text{аром}}$), 130.1 ($2C_{\text{аром}}$), 132.0 ($4C_{\text{аром}}$), 135.9 ($C_{\text{аром}}$), 136.6 ($C^4_{\text{тиазол}}$), 139.2 ($2C_{\text{аром}}$), 139.7 ($C_{\text{аром}}$), 164.2 ($C^2_{\text{тиазол}}$), 186.1 ($C=S$). Найдено, %: С 49.79; Н 2.71; N 6.19. $C_{29}H_{21}Br_2N_3O_2S_3$. Вычислено, %: С 49.80; Н 3.03; N 6.01.

1-[5-Трифторметилсульфонил-3,4-дифенилтиазол-2(3H)-илиден]-3-фенилтиомочевина (10а). Получена из 0.234 г соединения **4** и 0.285 г соединения **6а**. Выход 0.306 г (59%), жёлтые кристаллы, т.пл. 240–243°C (с разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3234 сл (N–H), 1509 сл, 1486 с, 1397 ср (C=S), 1382 с (асимм. SO_2), 1221 с, 1123 с (симм. SO_2), 1030 ср, 995 ср, 756 с, 644 ср, 571 ср. Спектр ЯМР 1H , δ , м.д.: 7.10 т.т ($1H_{\text{аром}}$, J 6.9, 1.2 Гц), 7.17 т.т ($1H_{\text{аром}}$, J 7.2, 1.3 Гц), 7.32 т ($2H_{\text{аром}}$, J 6.9 Гц), 7.41–7.54 м ($7H_{\text{аром}}$), 7.63 д.д ($2H_{\text{аром}}$, J 7.2, 1.3 Гц), 7.72–7.77 м ($2H_{\text{аром}}$), 10.56 уш.с (1H, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 103.9 ($C^5_{\text{тиазол}}$), 119.5 к (CF_3 , J 326.6 Гц), 123.8 ($C_{\text{аром}}$), 124.6 ($C_{\text{аром}}$), 126.5 ($2C_{\text{аром}}$), 128.1 ($C_{\text{аром}}$), 128.4 ($2C_{\text{аром}}$), 129.0 ($3C_{\text{аром}}$), 129.2 ($2C_{\text{аром}}$), 129.8 ($2C_{\text{аром}}$), 136.0 ($C^4_{\text{тиазол}}$), 136.4 ($C_{\text{аром}}$), 139.7 ($C_{\text{аром}}$), 164.5 ($C^2_{\text{тиазол}}$), 186.0 ($C=S$). Найдено, %: С 53.19; Н 3.09; N 8.10. $C_{23}H_{16}F_3N_3O_2S_3$. Вычислено, %: С 53.17; Н 3.10; N 8.09.

1-[5-Трифторметилсульфонил-3-(*n*-толил)-4-фенилтиазол-2(3H)-илиден]-3-(*n*-толил)тиомочевина (10b). Получена из 0.234 г соединения **4** и 0.313 г соединения **6b**. Выход 0.301 г (55%), жёлтые кристаллы, т.пл. 235–237°C (с разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3234 сл (N–H), 2920 ср, 1601 сл, 1490 с, 1396 ср (C=S), 1380 с (асимм. SO_2), 1151 с (симм. SO_2), 1047 ср, 1029 ср, 771 с, 560 с. Спектр ЯМР 1H , δ , м.д.: 2.34 с (6H, $2CH_3C_6H_4$), 7.19 д ($2H_{\text{аром}}$, J 7.2 Гц), 7.29 д ($2H_{\text{аром}}$, J 7.2 Гц), 7.40–7.47 м ($4H_{\text{аром}}$), 7.48–7.54 м ($3H_{\text{аром}}$), 7.72–7.76 м ($2H_{\text{аром}}$), 10.59 уш.с (1H, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 20.7 ($2C$, $2CH_3C_6H_4$), 104.0 ($C^5_{\text{тиазол}}$), 120.0 к (CF_3 , J 326.6 Гц), 121.8 ($2C_{\text{аром}}$), 124.6 ($C_{\text{аром}}$), 126.0 ($2C_{\text{аром}}$), 128.4 ($2C_{\text{аром}}$), 129.0 ($C_{\text{аром}}$), 129.5 ($4C_{\text{аром}}$), 129.8 ($2C_{\text{аром}}$), 132.1 ($C_{\text{аром}}$), 135.6 ($C_{\text{аром}}$), 135.8 ($C^4_{\text{тиазол}}$), 137.4 ($C_{\text{аром}}$), 138.3 ($C_{\text{аром}}$), 164.5 ($C^2_{\text{тиазол}}$), 186.0 ($C=S$). Найдено, %: С 54.85; Н 3.69; N 7.70. $C_{25}H_{20}F_3N_3O_2S_3$. Вычислено, %: С 54.83; Н 3.68; N 7.67.

1-[3-(4-Бромфенил)-5-трифторметилсульфонил-4-фенилтиазол-2(3H)-илиден]-3-(4-бромфенил)тиомочевина (10с). Получена из 0.234 г соединения **4** и 0.443 г соединения **6с**. Выход 0.433 г (64%), жёлтые кристаллы, т.пл. 265–267°C (с разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3240 сл (N–H), 1500 ср, 1495 с, 1420 ср, 1396 ср (C=S), 1384 ср (асимм. SO_2), 1204 с, 1164 с (симм. SO_2), 988 ср, 765 ср, 569 ср. Спектр ЯМР 1H , δ , м.д.: 7.38–7.54 м ($9H_{\text{аром}}$), 7.56 д.т ($2H_{\text{аром}}$, J 8.2, 1.3 Гц), 7.71–7.76 м ($2H_{\text{аром}}$), 10.59 уш.с (1H, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 104.0 ($C^5_{\text{тиазол}}$), 118.9 ($2C_{\text{аром}}$), 120.8 к (CF_3 , J 326.6 Гц), 124.6 ($3C_{\text{аром}}$), 128.4 ($2C_{\text{аром}}$), 129.0 ($C_{\text{аром}}$), 129.2 ($2C_{\text{аром}}$), 129.8 ($2C_{\text{аром}}$), 132.0 ($4C_{\text{аром}}$), 135.8 ($C_{\text{аром}}$, $C^4_{\text{тиазол}}$), 139.2 ($C_{\text{аром}}$), 164.5 ($C^2_{\text{тиазол}}$), 185.9 ($C=S$). Найдено, %: С 40.81; Н 2.09; N 6.22. $C_{23}H_{14}Br_2F_3N_3O_2S_3$. Вычислено, %: С 40.78; Н 2.08; N 6.20.

Термическая перегруппировка *N*-арил-3-(арилимино)-3H-1,2,4-дитиазол-5-аминов ба–с в 1-(бензо[*d*]тиазол-2-ил)-3-арилмочевины 11а–с (общая методика). Раствор 0.5 ммоль одного из соединений **ба–с** в 15 мл этанола кипятили до исчезновения исходного соединения по данным ТСХ. Затем растворитель удаляли в вакууме, твердый остаток перекристаллизовывали из этанола.

1-(Бензо[*d*]тиазол-2-ил)-3-фенилмочевина

(11a). Получена из 0.143 г соединения **6a**. Выход 0.121 г (85%), светло-красные кристаллы, т.пл. 198–200°C (этанол). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3220 сл, 3150 ср (N–H), 1580 с (C=C, C=N, δ NH), 1560 с, 1505 ср, 1490 ср, 1370 ср (C=S). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 7.07–7.14 м ($2\text{H}_{\text{аром}}$), 7.26 т.д ($1\text{H}_{\text{аром}}$, J 7.3, 1.3 Гц), 7.34 т ($2\text{H}_{\text{аром}}$, J 7.0 Гц), 7.54 д.д ($2\text{H}_{\text{аром}}$, J 7.1, 1.3 Гц), 7.64–7.73 м ($2\text{H}_{\text{аром}}$), 10.82 с (1H, NH), 12.78 с (1H, PhNH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 115.3 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 118.9 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 122.4 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 123.0 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 123.6 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 124.4 ($2\text{C}_{\text{аром}}$), 126.8 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 128.6 ($2\text{C}_{\text{аром}}$), 129.1 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 139.6 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 166.3 (C^2), 182.6 (C=S). Найдено, %: C 58.69; H 3.88; N 14.59. $\text{C}_{14}\text{H}_{11}\text{N}_3\text{S}_2$. Вычислено, %: C 58.92; H 3.89; N 14.72.

1-(6-Метилбензо[*d*]тиазол-2-ил)-3-(*n*-толил)-мочевина (11b).

Получена из 0.157 г соединения **6b**. Выход 0.138 г (88%), светло-красные кристаллы, т.пл. 187–188°C (этанол). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3220 сл, 3150 ср (N–H), 2925 ср, 1580 с (C=C, C=N, δ NH), 1560 с, 1505 ср, 1490 ср, 1378 ср (C=S), 1030 ср. Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 2.33 с (3H, $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4$), 2.42 с (3H, CH_3), 7.14 д ($2\text{H}_{\text{аром}}$, J 8.2 Гц), 7.27–7.32 м ($2\text{H}_{\text{аром}}$), 7.39 д ($2\text{H}_{\text{аром}}$, J 2.5 Гц), 7.45 д ($2\text{H}_{\text{аром}}$, J 7.1 Гц), 7.55 д ($2\text{H}_{\text{аром}}$, J 6.9 Гц), 10.80 с (1H, NH), 12.73 с (1H, ArNH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 20.7 (CH_3), 21.1 ($\text{C}_{\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4}$), 116.3 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 119.0 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 125.4 ($2\text{C}_{\text{аром}}$), 126.0 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 123.6 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 128.4 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 129.5 ($2\text{C}_{\text{аром}}$), 130.2 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 132.2 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 135.2 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 140.3 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 160.9 (C^2), 182.6 (C=S). Найдено, %: C 61.33; H 4.83; N 13.39. $\text{C}_{16}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{S}_2$. Вычислено, %: C 61.31; H 4.82; N 13.41.

1-(6-Бромбензо[*d*]тиазол-2-ил)-3-(4-бромфенил)мочевина (11c).

Получена из 0.221 г соединения **6c**. Выход 0.179 г (81%), светло-оранжевые кристаллы, т.пл. 215–216°C (этанол). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3228 сл, 3160 ср (N–H), 1580 с (C=C, C=N, δ NH), 1560 с, 1505 ср, 1375 ср (C=S), 1030 ср, 976 ср, 755 ср. Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 7.14 д.д ($1\text{H}_{\text{аром}}$, J 8.2, 4.0 Гц), 7.40–7.49 м ($3\text{H}_{\text{аром}}$), 7.54 д ($2\text{H}_{\text{аром}}$, J 2.5 Гц), 7.87 д ($1\text{H}_{\text{аром}}$, J 2.2 Гц), 10.83 с (1H, NH), 12.76 с (1H, ArNH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 20.7 (CH_3), 21.1 (CH_3), 116.3 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 119.0 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 125.4 ($2\text{C}_{\text{аром}}$), 126.0 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 123.6 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 128.4 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 129.5 ($2\text{C}_{\text{аром}}$), 130.2 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 132.2 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 135.2 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 140.3 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 160.9 (C^2), 182.61 (C=S).

Найдено, %: C 37.98; H 2.04; N 9.47. $\text{C}_{14}\text{H}_9\text{Br}_2\text{N}_3\text{S}_2$. Вычислено, %: C 37.94; H 2.05; N 9.48.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1,3-Диполярное циклоприсоединение *N*-арил-3-(арилимино)-3*H*-1,2,4-дитиазол-5-аминов **6a–c** к фенилацетиленовым сульфонам **1–4** отличается высокой хемо- и региоселективностью и позволяет получать производные 1,3-тиазола, содержащие фрагмент тиомочевины. Это превращение может рассматриваться как общий метод синтеза новых функционально замещённых 1,3-тиазолилтиомочевин, которые представляют интерес в качестве прекурсоров новых лекарственных препаратов.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кострюков Сергей Геннадьевич, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1774-0836>

Мастерова Юлия Юрьевна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5844-1576>

Пугачева Екатерина Юрьевна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2692-6744>

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Back T.G. *Tetrahedron*. **2001**, *57*, 5263–5301. doi 10.1016/S0040-4020(01)00299-X
2. Gao D., Zhai H., Parvez M., Back T.G. *J. Org. Chem.* **2008**, *73*, 8057–8068. doi 10.1021/jo801621d
3. Back T.G., Clary K.N., Gao D. *Chem. Rev.* 2010, *110*, 4498–4553. doi 10.1021/cr1000546
4. Васин В.А., Мастерова Ю.Ю., Безрукова Е.В., Разин В.В., Сомов Н.В. *ЖОрХ*. **2015**, *51*, 890–899. [Vasin V.A., Masterova Yu.Yu., Bezrukova E.V., Razin V.V., Somov N.V. *Russ. J. Org. Chem.* **2015**, *51*, 890–899.] doi 10.1134/S107042801506010X
5. Васин В.А., Попкова Ю.А., Безрукова Е.В., Разин В.В., Сомов Н.В. *ЖОрХ*. **2017**, *53*, 395–399. [Vasin V.A., Popkova Y.A., Bezrukova E.V., Razin V.V., Somov N.V. *Russ. J. Org. Chem.* **2017**, *53*, 393–397.] doi 10.1134/S1070428017030137
6. Hlasta D.J., Ackerman J.H. *J. Org. Chem.* **1994**, *59*, 6184–6189. doi 10.1021/jo00100a019
7. Back T.G., Bethell R.J., Parvez M., Taylor J.A., Wehrli D. *J. Org. Chem.* **1999**, *64*, 7426–7432. doi 10.1021/jo990730t

8. Xia Y., Fanqi Q., Wei L., Qiongyou W., Peng L. *Heterocycles*. **2005**, *65*, 345–352. doi 10.3987/COM-04-10202
9. Gouin S.G., Kovensky J. *Synlett*. **2009**, 1409–1412. doi 10.1055/s-0029-1216744
10. Parpani P., Zecchi G. *J. Org. Chem.* **1987**, *52*, 1417–1421. doi 10.1021/jo00384a007
11. Broggin G., Diliddo D., Zecchi G. *J. Heterocycl. Chem.* **1991**, *28*, 89–91. doi 10.1002/jhet.5570280116
12. Matsuoka T., Hasegawa T., Eto M., Harano K., Hisano T. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2*. **1993**, 1859–1865. doi 10.1039/p29930001859
13. Bruché L., Gelmi M.L., Zecchi G. *J. Org. Chem.* **1985**, *50*, 3206–3208. doi 10.1021/jo00217a037
14. Sandanayaka V.P., Yang Y. *Org. Lett.* **2000**, *2*, 3087–3090. doi 10.1021/ol006256r
15. Dalla Croce P., La Rosa C., Zecchi G. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*. **1985**, 2621–2624.
16. Bertuzzi G., Fochi M., Franchini M.C. *Targets Heterocycl. Syst.* **2016**, *20*, 337–364. doi 10.17374/targets.2017.20.337
17. Larionov O.V., De Meijere A. *Angew. Chem., Int. Ed.* **2005**, *44*, 5664–5667. doi 10.1002/anie.200502140
18. Gulevskaya A.V., Nelina-Nemtseva J.I. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2018**, *54*, 1084–1107. doi 10.1007/s10593-019-02398-5
19. Berk H.C., Franz J.E. *Synth. Commun.* **1981**, *11*, 267–271. doi 10.1080/00397918108063604
20. Dalla Croce P., Gariboldi P., La Rosa C. *J. Heterocycl. Chem.* **1987**, *24*, 1793–1797. doi 10.1002/jhet.5570240655
21. Dürüst Y., Yıldız E., Karakuş H., Kariuki B.M. *Synth. Commun.* **2017**, *47*, 660–670. doi 10.1080/00397911.2017.1279630
22. Baumann M., Baxendale I.R., Ley S.V., Nikbin N. *Beilstein J. Org. Chem.* **2011**, *7*, 442–495. doi 10.3762/bjoc.7.57
23. Akiba K., Ochiumi M., Tsuchiya T., Inamoto N. *Tetrahedron Lett.* **1975**, *16*, 459–462. doi 10.1016/S0040-4039(00)71893-4
24. Глотова Т.Е., Дворко М.Ю., Албанов А.И., Кажева О.Н., Шилов Г.В., Дьяченко О.А. *ЖОрХ*. **2008**, *44*, 1554–1558. [Glотова Т.Е., Dvorko M.Yu., Albanov A.I., Kazheva O.N., Shilov G.V., D'yachenko O.A. *Russ. J. Org. Chem.* **2008**, *44*, 1532–1537.] doi 10.1134/S1070428008100230
25. Petrou A., Fesatidou M., Geronikaki A. *Molecules*. **2021**, *26*, ID 3166. doi 10.3390/molecules26113166
26. Truce W.E., Wolf G.C. *J. Org. Chem.* **1971**, *36*, 1727–1732. doi 10.1021/jo00812a001
27. Amiel Y. *J. Org. Chem.* **1974**, *39*, 3867–3870. doi 10.1021/jo00940a014
28. Glass R.S., Smith D.L. *J. Org. Chem.* **1974**, *39*, 3712–3715. doi 10.1021/jo00939a023
29. Joshua C.P., Presannan E., Thomas Saramma K. *Indian J. Chem., Sect. B*. **1982**, *21*, 649–651. doi 10.1002/chin.198248229
30. Diwakar K., Sonar P.K., Mishra M., Tripathi A.C., Saraf S.K. *Med. Chem. Res.* **2016**, *25*, 2631–2642. doi 10.1007/s00044-016-1697-5
31. Сильверстейн Р., Вебстер Ф., Кимл Д. *Спектрофотометрическая идентификация органических соединений*. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, **2012**. [Silverstein R.M., Webster F.X., Kiemle D.J. *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. 7th Edn. New York: J. Wiley & Sons Inc., **2005**.]
32. Nath J., Patel B.K., Jamir L., Sinha U.B., Satyanarayana K.V.V.V. *Green Chem.* **2009**, *11*, 1503–1506. doi 10.1039/b914283p
33. Oliver J.E., Flippen J.E. *J. Org. Chem.* **1974**, *39*, 2233–2235. doi 10.1021/jo00929a021
34. Joshua C.P., Thomas S.K. *Aust. J. Chem.* **1982**, *35*, 405–409. doi 10.1071/CH9820405

About Reactions of *N*-Aryl-3-(arylimino)-3*H*-1,2,4-dithiazole-5-amines with Ethynyl Sulfones

S. G. Kostryukov*, Yu. Yu. Masterova, and E. Yu. Pugacheva

National Research Mordovia State University, ul. Bolshevistskaya, 68, Saransk, 430005 Russia

**e-mail: kostryukov_sg@mail.ru*

Received September 4, 2021; revised September 16, 2021; accepted September 19, 2021

N-Aryl-3-(arylimino)-3*H*-1,2,4-dithiazole-5-amines undergo 1,3-dipolar cycloaddition reaction with methyl-, trifluoromethyl-, phenyl, and *p*-tolyl phenylethynyl sulfones under reflux in ethanol with the formation of the corresponding 1-[(5-*R*-sulfonyl)-3,4-diarylthiazole-2(3*H*)yliden]-3-arylthioureas.

Keywords: *N*-arylthiourea, 1,5-diaryl-2,4-dithiobiuret, *N*-aryl-3-(arylimino)-3*H*-1,2,4-dithiazole-5-amine, ethynyl sulfone, 1,3-dipolar cycloaddition, dithiazole