ЖУРНАЛ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ, 2023, том 59, № 2, с. 271–276

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 547.786.1

РЕАКЦИЯ 2-АЛКИЛТИОЗАМЕЩЕННЫХ 2-ПЕНТЕН-4-ИНАЛЕЙ С *N*,*N*- И *N*,*O*-БИНУКЛЕОФИЛАМИ

© 2023 г. В. Г. Федосеева, Е. А. Верочкина, Л. И. Ларина, Н. В. Вчисло*

ФГБУН «Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН», Россия, 664033 Иркутск, ул. Фаворского, 1
**e-mail: vchislo@irioch.irk.ru*

Поступила в редакцию 30.03.2022 г.
После доработки 11.04.2022 г.
Принята к публикации 12.04.2022 г.

При конденсации 2-алкилтиозамещенных 2-ен-4-иналей с *N*,*N*- и *N*,*O*-бинуклеофилами образуются соответствующие 1,3-пергидродиазины, 1,3-имидазолидины и 1,3-оксазолидины с оригинальным сочетанием заместителей.

Ключевые слова: енинали, α,β-непредельные альдегиды, реакция конденсации, имидазолидины, оксазолидины

DOI: 10.31857/S0514749223020155, **EDN:** QKSXMH

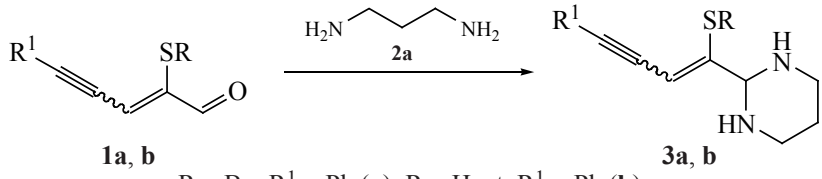
Сопряженные винилацетиленовые соединения, содержащие двойные и тройные углеродные связи в сочетании с электроноакцепторной группой (альдегидные, кето-, нитрогруппы), привлекают внимание как полезные и универсальные структурные блоки в органическом синтезе [1–3]. Однако количество эффективных методов синтеза высокофункционализированных 2-ен-4-иналей, которые содержат двойную и тройную связь и альдегидную группу, по-прежнему ограничено [4–9]. Недавно нами получены 2-алкилтиозамещенные 2-ен-4-инали в виде смеси *Z*,*E*-изомеров в результате альдольной конденсации в среде ДМФА в присутствии тв. NaOH (50 мол %) [10]. В результате взаимодействия 2-ен-4-иналей с *п*-тозилметилизоцианидом (TosMIC) успешно получены 1,3-оксазолы и 1,3-имидазолы [10, 11]. Реакция с *N*,*N*'-дифенилэтилендиамином при кипячении в хлороформе в течение 10–21 ч приводит к устойчивым кристаллическим 1,3-имидазолидинам в виде смеси *Z*,*E*-изомеров [10].

В продолжение изучения химии таких полиненасыщенных альдегидов в настоящей работе изучена регионаправленность присоединения к 2-ен-4-иналям **1** бифункциональных нуклеофилов **2** – пропилендиамина, *N*-метилэтилендиамина, а также *N*-фениламиноэтанола.

Так, взаимодействие 2-тиозамещённых 2-пентен-4-иналей **1a**, **b** с пропилендиамином **2a** приводит к соответствующим 1,3-пергидродиазинам **3a**, **b**. Реакция протекает в среде хлороформа в течение 2 ч по данным ЯМР ^{1}H (схема 1). Спектры ЯМР ^{1}H свидетельствуют о количественном образовании 1,3-пергидродиазинов в виде смеси 2 изомеров. Однако при выделении полученных гетероциклов методом колоночной хроматографии мы столкнулись со сложностями, так как на силикагеле происходит разложение продукта **3** до исходных соединений.

При взаимодействии 2-ен-4-иналей **1a**, **c** с *N*-метилэтилендиамином **2b** хемоселективно образуются 1,3-имидазолидины **3a**, **c** как смесь *Z*,*E*-

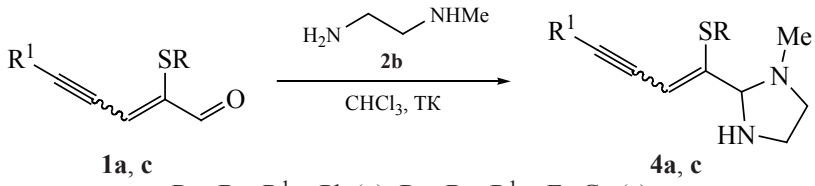
Схема 1



1a, **b** **3a**, **b**

R = Bu, R^1 = Ph (**a**); R = Hept, R^1 = Ph (**b**).

Схема 2



1a, **c** **4a**, **c**

R = Bu, R^1 = Ph (**a**); R = Bu, R^1 = Et_3Ge (**c**).

изомеров по данным ЯМР ^{1}H (схема 2). Однако выделение с помощью колоночной хроматографии на силикагеле также приводит к разложению гетероцикла, возможно, вследствие гидролиза [12].

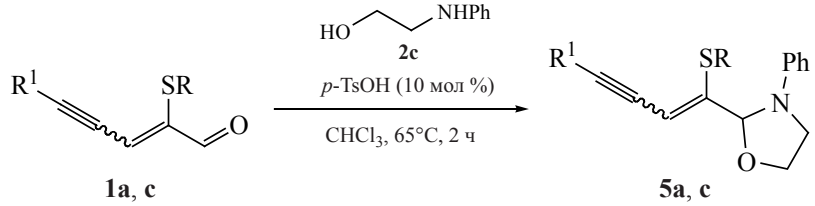
Нами проведён синтез 1,3-оксазолидинов **5a**, **c** взаимодействием 2-алкилтиозамещённых 2-пентен-4-иналей **1a**, **c** с *N*-фениламиноэтанолом **2c** (схема 3). Оказалось, что при кипячении в хлороформе реакция идет в течение 18–30 ч, а добавление *n*-толуолсульфокислоты в количестве 10 мол % сокращает время реакции до 2 ч. По данным спектроскопии ЯМР ^{1}H количественно образуется смесь *Z*,*E*-изомеров 1,3-оксазолидинов **5a**, **c**. Однако при выделении колоночной хроматографией во фракциях наблюдаются исходные соединения, а также целевой гетероцикл. В результате выход соединений **5a**, **c** снижается и составляет 68–74%.

В полученных продуктах **3–5** соотношение *Z*/*E*-изомеров сохраняется таким же, каким и было в исходных альдегидах.

1,3-Пергидродиазины 3a, b (*общая методика*). К смеси альдегидов (*Z*,*E*)-**1** (0.5 ммоль) в 1 мл $CHCl_3$ прибавляли *N*,*N*-диаминопропан **2a** (0.5 ммоль) и перемешивали при комнатной температуре в течение 2 ч. Реакционную смесь сушили $MgSO_4$, упаривали в вакууме и полученный остаток анализировали методом спектроскопии ^{1}H ЯМР.

2-[(1*Z*,*E*)-1-(Бутилтио)-4-фенилбут-1-ен-3-ин-1-ил]гексагидропиримидин (3a) получен из 0.122 мг альдегида **1a** как смесь изомеров в соотношении 2:1. Спектр ЯМР ^{1}H ($CDCl_3$), δ, м.д.: 0.93 т (3H, CH_3 в SBu, *Z*-изомер, *J* 7.0 Гц), 0.95 т (3H, CH_3 в SBu, *E*-изомер, *J* 7.0 Гц), 1.45–1.50 м (2H, $C\underline{H}_2CH_3$ в SBu *Z*- и *E*-изомеров), 1.62–1.70 м (4H, NCH_2 в цикле, $SCH_2C\underline{H}_2$ в SBu *Z*- и *E*-изомеров), 2.74–2.93 м (2H, NCH_2 в цикле *Z*- и *E*-изомеров), 2.80 т (2H, SCH_2 в SBu, *E*-изомер, *J* 7.2 Гц), 3.15 т (2H, SCH_2 в SBu, *Z*-изомер, *J* 7.2 Гц), 3.20–3.31 м (2H, NCH_2 *Z*- и *E*-изомеров), 4.12 с (1H, CH в цикле, *Z*-изомер), 4.91 с (1H, CH в цикле, *E*-изомер), 5.40 с (1H, =CH, *E*-изомер), 6.29 с (1H, =CH, *Z*-изомер), 7.30–7.34 м (3H, *м*-H, *п*-H в Ph *Z*- и *E*-изомеров), 7.41 д (2H, *о*-H в Ph, *E*-изомер, *J* 7.7 Гц), 7.43 д (2H, *о*-H в Ph, *Z*-изомер, *J* 7.7 Гц).

Схема 3



1a, **c** **5a**, **c**
68–74%

R = Bu, R^1 = Ph (**a**); R = Bu, R^1 = Et_3Ge (**c**).

2-[(1*Z*,*E*)-1-(Гептилтио)-4-фенилбут-1-ен-3-ин-1-ил]гексагидропиримидин (3b) получен из 0.143 мг альдегида **1b** как смесь изомеров в соотношении 2:1. Спектр ЯМР ^{1}H ($CDCl_3$), δ, м.д.: 0.87 т (3H, CH_3 в SBu, *Z*-изомер, *J* 7.1 Гц), 0.89 т (3H, CH_3 в SBu, *E*-изомер, *J* 7.1 Гц), 1.27–1.30 м [6H, $(C\underline{H}_2)_3CH_3$ в SHept *Z*- и *E*-изомеров], 1.42–1.48 м (2H, $SCH_2CH_2C\underline{H}_2$ в SHept *Z*- и *E*-изомеров), 1.57–1.61 м (4H, NCH_2 в цикле, $SCH_2C\underline{H}_2$ в SHept *Z*- и *E*-изомеров), 2.57 т (2H, SCH_2, в SHept *E*-изомер, *J* 7.3 Гц), 2.70–2.92 м (2H, NCH_2 в цикле *Z*- и *E*-изомеров), 3.16 т (2H, SCH_2, в SHept *Z*-изомере, *J* 7.3 Гц), 3.14–3.26 м (2H, NCH_2 *Z*- и *E*-изомеров), 4.10 с (1H, CH в цикле, *Z*-изомер), 4.89 с (1H, CH в цикле, *E*-изомер), 5.37 с (1H, =CH, *E*-изомер), 6.27 с (1H, =CH, *Z*-изомер), 7.28–7.30 м (3H, *м*-H, *п*-H в Ph *Z*- и *E*-изомеров), 7.38 д (2H, *о*-H в Ph, *E*-изомер, *J* 7.8 Гц), 7.41 д (2H, *о*-H в Ph, *Z*-изомер, *J* 7.8 Гц).

1,3-Имидазолидины 4a, c (*общая методика*). К смеси альдегидов (*Z*,*E*)-**1** (0.5 ммоль) в 1 мл $CHCl_3$ прибавляли *N*-метилэтилендиамин **2b** (0.5 ммоль) и перемешивали при комнатной температуре в течение 18–20 ч. Реакционную смесь сушили $MgSO_4$, упаривали в вакууме и полученный остаток анализировали методом спектроскопии ^{1}H ЯМР.

2-[(1*Z*,*E*)-1-(Бутилтио)-4-фенилбут-1-ен-3-ин-1-ил]-1-метилимидазолидин (4a) получен из 0.122 мг альдегида **1a** как смесь изомеров в соотношении 2:1. Спектр ЯМР ^{1}H ($CDCl_3$) δ, м.д.: 0.91 т (3H, CH_3 в SBu, *E*-изомер, *J* 7.2 Гц), 0.93 т (3H, CH_3 в SBu, *Z*-изомер, *J* 7.42 Гц), 1.41–1.45 м (2H, $C\underline{H}_2CH_3$ в SBu *Z*- и *E*-изомеров), 1.54–1.58 м (2H, $SCH_2C\underline{H}_2$ в SBu *Z*- и *E*-изомеров), 2.26–2.48 м (1H, CH_2 в цикле *Z*- и *E*-изомеров), 2.28 с (3H, NCH_3, *Z*-изомер); 2.37 с (3H, NCH_3, *E*-изомер); 2.88–3.17 м (1H, CH_2 в цикле *Z*- и *E*-изомеров), 3.22–3.31 м (4H, CH_2 в цикле, SCH_2 в SBu *Z*- и *E*-изомеров), 3.49 с (1H, CH, *Z*-изомер), 4.47 с (1H, CH, *E*-изомер), 5.54 с (1H, =CH, *E*-изомер), 6.26 с (1H, =CH, *Z*-изомер), 7.28–7.31 м (3H, *м*-H, *п*-H в Ph *Z*- и *E*-изомеров), 7.40 д (2H, *о*-H в Ph, *E*-изомер, *J* 7.6 Гц), 7.42 д (2H, *о*-H в Ph, *Z*-изомер, *J* 7.6 Гц).

2-[(1*Z*,*E*)-1-(Бутилтио)-4-(триэтилгермил)-бут-1-ен-3-ин-1-ил]-1-метилимидазолидин (4c) получен из 0.163 мг альдегида **1c** как смесь изомеров в соотношении 2:1. Спектр ЯМР ^{1}H ($CDCl_3$), δ, м.д.: 0.86–0.95 м (9H, CH_2 в Et_3Ge, CH_3 в SBu *Z*- и *E*-изомеров), 1.09 м (9H, CH_3 в Et_3Ge *Z*- и *E*-изомеров, *J* 7.7 Гц), 1.37–1.55 м (2H, $C\underline{H}_2CH_3$ в SBu *Z*- и *E*-изомеров), 1.56–1.69 м (2H, $SCH_2C\underline{H}_2$ в SBu *Z*- и *E*-изомеров), 2.24 с (3H, NCH_3, *Z*-изомер), 2.32 с (3H, NCH_3, *E*-изомер), 2.25 и 2.48 м (1H, CH_2 в цикле *Z*- и *E*-изомеров), 2.86–3.15 м (1H, CH_2 в цикле *Z*- и *E*-изомеров), 3.14–3.22 м (4H, CH_2 в цикле, SCH_2 в SBu *Z*- и *E*-изомеров), 3.39 с (1H, CH, *Z*-изомер), 4.44 с (1H, CH, *E*-изомер), 5.37 с (1H, =CH, *E*-изомер), 6.07 с (1H, =CH, *Z*-изомер).

1,3-Оксазолидины 5a, c (*общая методика*). К смеси альдегидов (*Z*,*E*)-**1** (0.5 ммоль) в 1 мл $CHCl_3$ прибавляли *N*-фениламиноэтанол **2c** (0.5 ммоль), *p*-TsOH (10 мол %) и смесь перемешивали при 65°C в течение 2 ч. Реакционную смесь упаривали в вакууме и полученный остаток очищали методом колоночной хроматографии (силикагель, элюент гексан–эфир, 7:1).

2-{(1*Z*,*E*)-1-[(Бутилтио)метил]-4-фенилбут-1-ен-3-ин-1-ил}-3-фенил-1,3-оксазолидин (5a) получен из 0.122 мг альдегида **1a** как смесь изомеров в соотношении 1.7:1. Выход 124 мг (68%), коричневое масло. ИК спектр (плёнка), ν, см$^{-1}$: 3409, 3030, 2957, 2929, 2870, 2190, 1686, 1600, 1504, 1489, 1357, 1230, 1184, 1072, 994, 943, 870, 752, 691. Спектр ЯМР ^{1}H ($CDCl_3$), δ, м.д.: 0.90 т (3H, CH_3 в SBu, *E*-изомер, *J* 7.4 Гц), 0.95 т (3H, CH_3 в SBu, *Z*-изомер, *J* 7.4 Гц), 1.45–1.55 м (2H, $C\underline{H}_2CH_3$ в SBu *Z*- и *E*-изомеров), 1.62–1.70 м (2H, $SCH_2C\underline{H}_2$ в SBu *Z*- и *E*-изомеров), 2.36–2.77 м (2H, SCH_2 в SBu, *E*-изомер), 3.14–3.22 м (2H, SCH_2 в SBu, *Z*-изомер), 3.50–3.55 м (2H, NCH_2 *Z*- и *E*-изомеров), 3.65–3.68 м (1H, NCH_2, *Z*-изомер), 3.75–3.78 м (1H, NCH_2, *E*-изомер), 4.19–4.21 м (2H, OCH_2, *Z*-изомер), 4.25–4.28 м (1H, OCH_2, *E*-изомер), 4.42–4.49 м (1H, OCH_2, *E*-изомер), 5.51 с (1H, CH в оксазолидиновом цикле, *Z*-изомер), 5.67 с (1H, CH в оксазолидиновом цикле, *E*-изомер), 6.22 с (1H, =CH, *Z*-изомер), 6.24 с (1H, =CH, *Z*-изомер), 6.58 д (2H, *о*-Ph в N-Ph, *Z*-изомер, *J* 8.1 Гц), 6.70 д (2H, *о*-Ph в N-Ph, *E*-изомер, *J* 8.2 Гц), 6.81–6.85 м (4H, *п*-Ph в N-Ph и Ph–C≡C *Z*- и *E*-изомеров), 7.29–7.33 м (8H, *м*-Ph в N-Ph и Ph–C≡C *Z*- и *E*-изомеров), 7.46 д (2H, *о*-Ph в N-Ph, *E*-изомер, *J* 6.9 Гц). Спектр ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$), δ, м.д.: 13.69 (CH_3 в SBu, *E*-изомер), 13.77 (CH_3 в SBu, *Z*-изомер), 22.01 ($C\underline{H}_2CH_3$ в SBu, *Z*-изомер), 22.32 ($C\underline{H}_2CH_3$ в SBu,

E-изомер), 29.93 ($SCH_2C\underline{H}_2$ в SBu, *E*-изомер), 31.18 ($SC\underline{H}_2CH_2$ в SBu, *E*-изомер), 31.73 ($SC\underline{H}_2CH_2$ в SBu, *Z*-изомер), 32.15 ($SCH_2C\underline{H}_2$ в SBu, *Z*-изомер), 47.53 (NCH_2, *Z*-изомер), 47.78 (NCH_2, *E*-изомер), 65.27 (OCH_2, *Z*-изомер), 67.01 (OCH_2, *E*-изомер), 85.49 (≡C, *E*-изомер), 86.34 (≡C, *Z*-изомер), 89.37 (=CH, *E*-изомер), 92.34 (CH в оксазолидиновом цикле, *Z*-изомер), 96.16 (C≡, *E*-изомер), 98.80 (C≡, *Z*-изомер), 103.88 (CH в оксазолидиновом цикле, *E*-изомер), 109.96 (=CH, *Z*-изомер), 112.99 (*o*-Ph, N-Ph, *Z*-изомер), 113.13 (*o*-Ph, N-Ph, *E*-изомер), 118.26 (*n*-Ph в N-Ph *Z*- и *E*-изомеров), 123.44 (*i*-C, Ph–C≡, *Z*-изомер), 123.57 (*i*-C, Ph–C≡, *E*-изомер), 128.40 (*м*,*n*-Ph в Ph–C≡ *Z*- и *E*-изомеров), 129.34 (*м*-Ph в N-Ph *Z*- и *E*-изомеров), 131.37 (*o*-Ph, Ph–C≡, *E*-изомер), 131.43 (*o*-Ph, Ph–C≡, *Z*-изомер), 145.15 (=$\underline{C}$–SBu *Z*- и *E*-изомеров), 146.32 (*i*-C, N-Ph, *Z*-изомер), 153.97 (*i*-C, N-Ph, *E*-изомер). Масс-спектр, *m*/*z* ($I_{отн}$, %): 363 (1) $[M]^+$, 274 (6.6) [M^+ – SBu], 263 (0.7) [M^+ – Ph–C≡C], 245 (17.5), 215 (0.8) [Ph–C≡C–CH=C(SBu)], 160 (10), 148 (100), 115 (21), 114 (8.5) [Ph–C≡C–CH], 89 (5.4) [SBu], 57 (23.2) [Bu]. Найдено, %: C 75.99; H 6.91; N 3.83; S 8.86. $C_{23}H_{25}NOS$. Вычислено, %: C 76.03; H 6.89; N 3.86; S 8.81.

2-{(1*Z*,*E*)-1-[(Бутилтио)метил]-4-(триэтилгермил)бут-1-ен-3-ин-1-ил}-3-фенил-1,3-оксазолидин (5c) получен из 0.163 мг альдегида **1c** как смесь изомеров в соотношении 2:1. Выход 165 мг (74%), коричневое масло. ИК спектр (плёнка), ν, $см^{-1}$: 3463, 3039, 2956, 2871, 2123, 1920, 1601, 1505, 1465, 1358, 1229, 1185, 1071, 971, 869, 748, 692. Спектр ЯМР ^1H ($CDCl_3$), δ, м.д.: 0.88–0.98 м (9H, CH_2 в Et_3Ge, CH_3 в SBu *Z*- и *E*-изомеров), 1.14 т (9H, CH_3 в Et_3Ge *Z*- и *E*-изомеров, *J* 7.8 Гц), 1.39–1.52 м (2H, $C\underline{H}_2CH_3$ в SBu *Z*- и *E*-изомеров), 1.57–1.68 м (2H, $SCH_2C\underline{H}_2$ в SBu *Z*- и *E*-изомеров), 2.64–2.70 м (2H, SCH_2 в SBu, *E*-изомер), 3.04–3.10 м (1H, SCH_2 в SBu, *Z*-изомер), 3.15–3.21 м (1H, SCH_2 в SBu, *Z*-изомер), 3.46–3.51 м (2H, NCH_2 *Z*- и *E*-изомеров), 3.61–3.64 м (1H, NCH_2, *Z*-изомер), 3.73–3.76 м (1H, NCH_2, *E*-изомер), 4.16–4.19 м (2H, OCH_2, *Z*-изомер), 4.20–4.23 м (1H, OCH_2, *E*-изомер), 4.42–4.48 м (1H, OCH_2, *E*-изомер), 5.44 с (1H, CH в оксазолидиновом цикле, *Z*-изомер), 5.50 с (1H, CH в оксазолидиновом цикле, *E*-изомер), 6.02 с (1H, =CH, *Z*-изомер), 6.20 с (1H, =CH, *E*-изомер), 6.53 д (2H, *o*-Ph в N-Ph, *Z*-изомер, ^3J 8.2 Гц), 6.65 д (2H, *o*-Ph в N-Ph, *E*-изомер, ^3J 7.8 Гц), 6.77–6.81 м (2H, *n*-Ph в N-Ph *Z*- и *E*-изомеров), 7.21–7.25 м (4H, *м*-Ph в N-Ph *Z*- и *E*-изомеров). Спектр ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$), δ, м.д.: 6.01 (CH_2 в Et_3Ge, *Z*-изомер), 6.12 (CH_2 в Et_3Ge, *E*-изомер), 9.28 (CH_3 в Et_3Ge, *Z*-изомер), 9.35 (CH_3 в Et_3Ge, *E*-изомер), 13.86 (CH_3 в SBu, *E*-изомер), 14.01 (CH_3 в SBu, *Z*-изомер), 22.09 (CH_2 в SBu, *Z*-изомер), 22.42 (CH_2 в SBu, *E*-изомер), 30.19 ($SCH_2C\underline{H}_2$, *E*-изомер), 31.33 (SCH_2, *E*-изомер), 31.51 (SCH_2, *Z*-изомер), 32.29 ($SCH_2C\underline{H}_2$, *Z*-изомер), 47.65 (NCH_2, *Z*-изомер), 47.81 (NCH_2, *E*-изомер), 65.19 (OCH_2, *Z*-изомер), 66.93 (OCH_2, *E*-изомер), 89.12 (=CH, *E*-изомер), 92.61 (CH в оксазолидиновом цикле, *Z*-изомер), 99.65 (≡$\underline{C}$–CH=, *E*-изомер), 101.70 (Et_3Ge–$\underline{C}$≡, *E*-изомер), 102.44 (≡$\underline{C}$–CH=, *Z*-изомер), 103.11 (Et_3Ge–$\underline{C}$≡, *Z*-изомер), 105.44 (CH в оксазолидиновом цикле, *E*-изомер), 110.74 (=CH, *Z*-изомер), 113.05 (*o*-Ph, *Z*-изомер), 113.26 (*o*-Ph, *E*-изомер), 118.18 (*n*-Ph, *E*-изомер), 118.35 (*n*-Ph, *Z*-изомер), 129.30 (*м*-Ph, *E*-изомер), 129.40 (*м*-Ph, *Z*-изомер), 145.09 (=C–S, *E*-изомер), 145.28 (=C–S, *Z*-изомер), 146.24 (*i*-Ph, *Z*-изомер), 154.02 (*i*-Ph, *E*-изомер). Спектр ЯМР ^{15}N ($CDCl_3$), δ, м.д.: –301.6 (*Z*-изомер), –300.1 (*E*-изомер). В спектрах ^{15}N наблюдаются кросс-пики атома азота и соответствующих протонов *o*-Ph, OCH_2, NCH_2. Масс-спектр, *m*/*z* ($I_{отн}$, %): 445 (0.5) $[M]^+$, 416 (0.1) [M^+ – Et], 356 (0.1) [M^+ – SBu], 196 (0.3) [Et_3Ge–C≡C–CH], 159 (0.3) [Et_3Ge], 148 (100), 103 (3.0), 91 (4.5), 77 (9.2). Найдено, %: C 62.06; H 7.83; N 2.72; S 7.62. $C_{23}H_{35}GeNOS$. Вычислено, % : C 62.02; H 7.86; N 2.70; S 7.19.

ИК спектры записаны на спектрометре Varian 3100 FT-IR, США в тонком слое или в таблетках KBr. Спектры ЯМР ^1H, ^{13}C зарегистрированы на приборе Bruker DPX-400 (400 и 100 МГц соответственно) в растворах $CDCl_3$, внутренний стандарт ТМС. Масс-спектры записаны на хромато-масс-спектрометре Shimadzu GCMS-QP5050A (ионизация ЭУ, 70 эВ). Элементный анализ выполнен на анализаторе Thermo Finnigan Flash series 1112. Для колоночной хроматографии использован силикагель пористости 215–400 меш. Исходные альдегиды **1** синтезированы по методике [10].

Пропилендиамин **2a**, *N*-метилэтилендиамин **2b**, а также *N*-фениламиноэтанол **2c** выступают коммерчески доступными реагентами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Неизвестные ранее 2-ен-4-инали использованы в качестве субстратов для направленного органического синтеза гетероциклических продуктов, таких как 1,3-пергидродиазины, 1,3-оксазолидины и 1,3-имидазолидины. Реакция протекает региоспецифично по альдегидной группе. Пятичленные азотсодержащие гетероциклы, такие как оксазолидины и имидазолидины, часто встречаются в продуктах природного происхождения, лекарственных средствах, соединениях, проявляющих биологическую активность [13–15].

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена с использованием оборудования Байкальского аналитического центра коллективного пользования СО РАН. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-33-90022.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Федосеева Виктория Германовна, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5293-5316

Верочкина Екатерина Александровна, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4907-5612

Ларина Людмила Ивановна, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7388-712x

Вчисло Надежда Викторовна, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1921-0257

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голованов А.А., Один И.С., Злотский С.С. *Усп. хим*. **2019**, *88*, 280–318. [Golovanov A.A., Odin I.S., Zlotskii S.S. *Russ. Chem. Rev*. **2019**, *88*, 280–318.] doi 10.1070/RCR4808
2. Голованов А.А., Гусев Д.М., Один И.С., Злотский С.С. *ХГС*. **2019**, 55, 333–348. [Golovanov A.A., Gusev D.M., Odin I.S., Zlotskii S.S. *Chem. Heterocycl. Compd*. **2019**, *55*, 333–348.]
3. Igushkina A.V., Golovanov A.A., Boyarskaya I.A., Kolesnikov I.E., Vasilyev A.V. *Molecules*. **2020**, 25, 5920. doi 10.3390/molecules25245920
4. Shechter H., Hoffman R.V. *J. Am. Chem. Soc*. **1978**, *100*, 7934. doi 10.1021/ja00493a024
5. Shechter H. *J. Am. Chem. Soc*. **1978**, *100*, 7927–7933. doi 10.1021/ja00493a023
6. Shechter H., Hoffman R.V. *J. Org. Chem*. **1974**, *39*, 2939–2940. doi 10.1021/jo00933a031
7. Shechter H., Hoffman R.V. *J. Am. Chem. Soc*. **1971**, *93*, 5940–5941. doi 10.1021/ja00751a082
8. Bonrath W., Buser D., Pauling H., Thum A. *Molecules*. **2002**, *7*, 341. doi 10.3390/70300341
9. Li Y., Sun J., Zheng G., Fu Y., Wang L., Zhang Q. *Org. Lett*. **2018**, *20*, 5597–5600. doi 10.1021/acs.orglett.8b02272
10. Fedoseeva V.G., Verochkina E.A., Larina L.I., Kondrashov E.V., Rozentsveig I.B., Vchislo N.V. *Mendeleev Commun*. **2021**, *31*, 856–858. doi 10.1016/j.mencom.2021.11.029
11. Vchislo N.V., Fedoseeva V.G., Verochkina E.A., Larina L.I. *Polycycl. Arom. Compd*. **2022**, *42*, 7407–7413. doi 10.1080/10406638.2021.2002375
12. Кейко Н.А., Фунтикова Е.А., Вчисло Н.В., Ларина Л.И., Фролов Ю.Л. *ЖОрХ*. **2011**, *47*, 1794–1802. [Keiko N.A., Funtikova E.A., Vchislo N.V., Larina N.V., Frolov Yu.L. *Russ. J. Org. Chem*. **2011**, *47*, 1832–1840.] doi 10.1134/S1070428011120098
13. Паперная Л.К., Шатрова А.А., Албанов А.И., Левковская Г.Г. *ЖОрХ*. **2018**, *54*, 731–737. [Papernaya L.K., Shatrova A.A., Albanov A.I., Levkovskaya G.G. *Russ. J. Org. Chem*. **2018**, *54*, 734–741.] doi 10.1134/S107042801805010X
14. Манькова П.А., Резников А.Н., Ширяев В.А., Баймуров М.Р., Рыбаков В.Б., Климочкин Ю.Н. *ЖОрХ*. **2021**, *57*, 268–279. [Man'kova P.A., Reznikov A.N., Shiryaev V.A., Baimuratov M.R., Rybakov V.B., Klimochkin Yu.N. *Russ. J. Org. Chem*. **2021**, *57*, 226–236.] doi 10.1134/S1070428021020135
15. Husain A., Ahmad A., Khan S.A., Asif M., Bhutani R., Al-Abbasi F.A. *Saudi Pharm. J*. **2016**, *24*, 104–114. doi 10.1016/j.jsps.2015.02.008

Reaction of 2-Alkylthio-substituted 2-Penten-4-ynals with *N*,*N*- and *N*,*O*-Binucleophiles

V. G. Fedoseeva, E. A. Verochkina, L. I. Larina, and N. V. Vchislo*

Favorskii Irkutsk Institute of Chemistry SB RAS, ul. Favorskogo, 1, Irkutsk, 664033 Russia
**e-mail: vchislo@irioch.irk.ru*

Received March 30, 2022; revised April 11, 2022; accepted April 12, 2022

The condensation of 2-alkylthiosubstituted 2-en-4-ynals with *N*,*N*- and *N*,*O*-binucleophiles gives the corresponding 1,3-perhydrodiazines, 1,3-imidazolidines, and 1,3-oxazolidines with an original combination of substituents.

Keywords: enynals, α,β-unsaturated aldehydes, reaction condensation, imidazolidine, oxazolidine