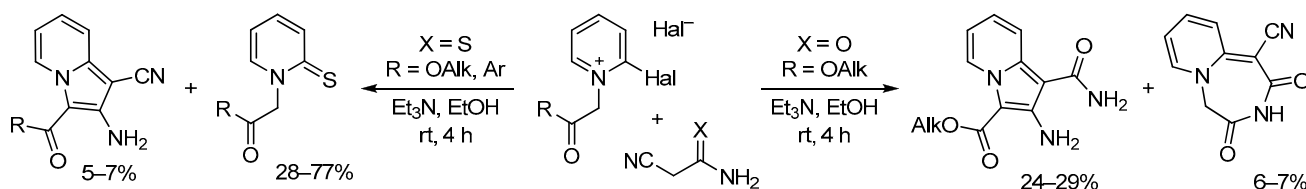


Амид и тиоамид цианоуксусной кислоты в реакциях типа $Ad_N E$ с солями 2-галогенпиридиния

Наталья М. Твердохлеб¹, Геннадий Е. Хорошилов^{1*}

¹ Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко, пл. Гоголя, 1, Старобельск 92700, Луганская обл., Украина; e-mail: khoroshilov@inbox.ru

Поступило 25.11.2014
Принято после доработки 19.01.2015



Двухкомпонентной конденсацией галогенидов N -[(алкоксикарбонил)метил]- или N -[(ароил)метил]-2-хлор(бром)пиридиния и циано-тиоацетамида в присутствии 2 эквивалентов триэтиламина получена смесь пиридин-2-тионов и 2-амино-1-цианоиндолизинов. В свою очередь, использование цианоацетамида в реакции с солями N -[(алкоксикарбонил)метил]-2-хлор(бром)пиридиния приводит к смеси 2-амино-1-карбамолиндолизин-3-карбоксилатов и 2,4-диоксо-2,3,4,5-тетрагидропиридо[1,2- d][1,4]дiazепин-1-карбонитрила – новой гетероциклической системы.

Ключевые слова: 2-амино-1-карбамолиндолизины, 2-амино-1-цианоиндолизины, пиридин-2-тионы, пиридо[1,2- d][1,4]-дiazепин, соли 2-галогенпиридиния, цианоацетамид, цианотиоацетамид.

Соли Кренке^{1–3} и их сложноэфирные аналоги **1**⁴ в основной среде реагируют с CH -кислотами – производными ацетонитрила – по механизму $Ad_N E$, что приводит к образованию продуктов нуклеофильного замещения – соединений **3** (схема 1). Соединения **3** не всегда удается выделить из-за последующей внутримолекулярной циклизации по Торпу, ведущей к формированию ароматической индолизиновой системы **4**.^{3,4}

Введение в реакцию с солями **1** CH -кислот с несколькими нуклеофильными центрами представляет как научный, так и практический интерес. В качестве

таких реагентов были выбраны цианотиоацетамид (**5**), содержащий три нуклеофильных центра⁵, и его кислородный аналог – тиоацетамид (**8**).

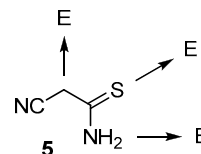
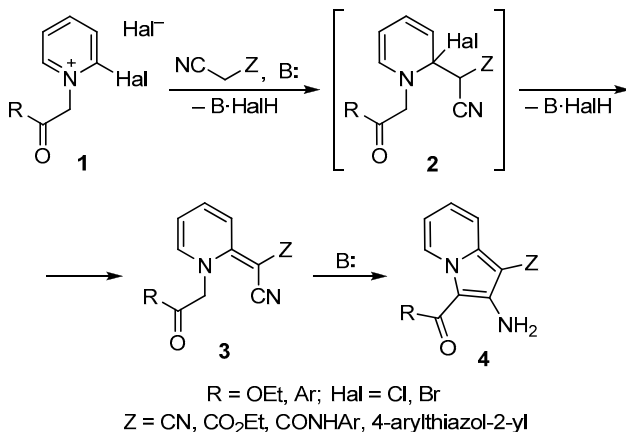


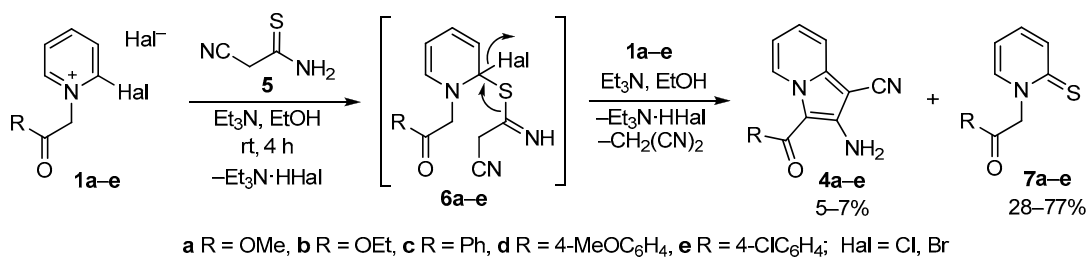
Схема 1



Соли **1a–e**^{3,4} в присутствии 2 экв. триэтиламина реагируют с цианотиоацетамидом (**5**) в этаноле при комнатной температуре с образованием преимущественно пиридин-2(1 H)-тионов **7a–e**, которые содержат в качестве примеси индолизины **4a–e** (схема 2).

Возможно, индолизины **4a–e** образуются через интермедиаты **2** (схема 1, Z = CN) с последующим элиминированием молекулы сероводорода и внутримолекулярной циклизации по Торпу. Однако количество побочных продуктов **4a–e** после разделения колоночной хроматографией не превышает 5–7%, что хорошо согласуется с результатами анализа спектров ЯМР ¹H реакционных смесей. Мы предполагаем возможность протекания процесса через промежуточные соединения **6a–e**. Последующее элиминирование малонодинитрила, ведущее к образованию пиридин-2(1 H)-тионов **7a–e**, создает возможность протекания конкурентной реакции и образования побочных продуктов **4a–e**. Для

Схема 2

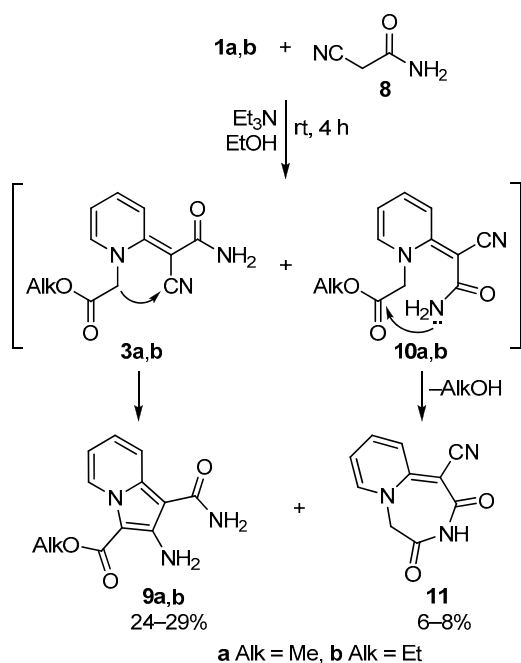


идентификации индолизинов **4c–e** использовали встречный синтез из солей **1c–e** и малондинитрила,⁶ а также сравнительную тонкослойную хроматографию.

Поскольку содержание побочных продуктов **4a–e** не велико, для получения индивидуальных пиридин-2(1*H*)-тионов **7a–e** проще всего использовать обычную перекристаллизацию. В спектрах ЯМР ¹H соединений **7a–e** протоны метиленовой группы проявляются в виде синглета при 5.25–6.08 м. д. Сигналы протонов пиридинового кольца проявляются в виде двух дублетов (H-3,6), триплета (H-5) и мультиплета (H-4). В масс-спектрах присутствуют сигналы, соответствующие их молекулярной массе.

Цианоацетамид (**8**) реагирует с солями **1a,b** как СН-кислота с образованием смеси продуктов **9a,b** и **11** (схема 3). Конечные продукты, вероятно, образуются через промежуточные π-изомеры **3a,b** и **10a,b**.

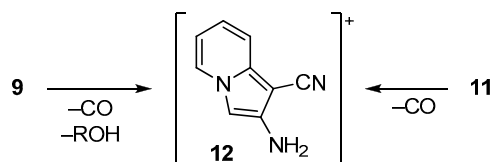
Схема 3



Смесь соединений **9a,b** и **11** разделяли колоночной хроматографией; соединения **9a,b** также можно получить в чистом виде перекристаллизацией из этанола. Данные физико-химических исследований подтверждают строение 2-аминоиндолизин-3-карбоксилатов **9a,b** и пиридо[1,2-*d*][1,4]дiazепин-1-карбонитрила **11**. Так, помимо сигналов протонов пиридинового цикла в характерных областях, спектры ЯМР ¹H индолизинов **9a,b** содержат сигналы протонов групп NH₂ и CONH₂.

Последние проявляются в виде двух уширенных синглетов при 6.51–6.60 и 6.74–6.99 м. д. Спектр 1,4-дiazепина **11** содержит сигнал протонов метиленовой группы при 4.89 м. д. В масс-спектрах соединений **9a,b** и **11** присутствуют пики молекулярных ионов. Однако основной частицей во всех случаях является фрагмент с молекулярной массой 158 – предположительно, катион **12**, который может образовываться как из индолизинов **9a,b** так и из пиридо[1,2-*d*][1,4]дiazепина **11** (схема 4). Помимо катиона **12** вполне возможно образование и других осколочных ионов, в том числе и разных, но с одинаковой массой.

Схема 4



Таким образом, цианоацетамид с солями *N*-[(алкоксикарбонил)метил]- или *N*-[(ароил)метил]-2-галогенпиридиния реагирует прежде всего как *S*-нуклеофил, а цианоацетамид – как СН-кислота, так как в этом случае нуклеофильность атома кислорода значительно уступает СН-кислотности цианоацетамида.

Экспериментальная часть

ИК спектры зарегистрированы на приборе Perkin-Elmer Spectrum One в таблетках КВг. Спектры ЯМР ¹H и ¹³C зарегистрированы на приборе Bruker Avance II-400 (400 и 100 МГц соответственно) в ДМСО-*d*₆, внутренний стандарт ТМС. Масс-спектры зарегистрированы на спектрометрах Varian 1200 L (соединения **7c–e**) и MX-1321 (остальные соединения), ионизация ЭУ (70 эВ) с прямым вводом образцов в ионный источник. Элементный анализ проведен на приборе Eurovector EA-3000. Температуры плавления определены на блоке Кофлера. Контроль за ходом реакций и чистотой полученных соединений осуществлен методом ТСХ на пластинках Silufol UV-254, элюент – ацетон–гексан, 3:5, проявители – пары иода и УФ облучение.

Получение соли 1a в виде смеси галогенидов *N*-[(метоксикарбонил)метил]-2-хлорпиридиния (форма А) и 2-бром-*N*-[(метоксикарбонил)метил]-пиридиния (форма В). Смесь 3.40 г (30 ммоль) 2-хлорпиридина и 4.90 г (32 ммоль) метилбромацетата нагревают без растворителя при 70 °С в течение 6 ч. После охлаждения к смеси добавляют 40 мл ацетона и выдерживают в течение 24 ч при комнатной температуре.

Полученный осадок отфильтровывают, промывают небольшим количеством ацетона. Выход 2.39 г (30%), белые кристаллы, т. пл. 163–164 °С. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц) (соотношение форм **A** и **B** – 52:48): 3.83 (3H, с, OCH_3 (**A+B**)); 5.93 (2H, с, NCH_2 (**A+B**)); 8.29 (1H, т, $J = 6.8$, H-5 (**A+B**)); 8.51 (0.48H, д, $J = 8.2$, H-3 (**B**)); 8.60 (0.52H, д, $J = 7.8$, H-3 (**A**)); 8.65 (0.52H, т, $J = 7.8$, H-4 (**A**)); 8.82 (0.48H, т, $J = 8.1$, H-4 (**B**)); 9.45–9.49 (1H, м, H-6 (**A+B**)). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 53.8; 59.9; 62.3; 96.0; 127.2; 127.4; 130.0; 130.5; 134.5; 147.4; 147.7; 148.4; 149.6; 149.7; 149.9; 165.7. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 232 [$\text{M}(\text{B}, ^{81}\text{Br})^+$] (72), 230 [$\text{M}(\text{B}, ^{79}\text{Br})^+$] (77), 188 [$\text{M}(\text{A}, ^{37}\text{Cl})^+$] (32), 186 [$\text{M}(\text{A}, ^{35}\text{Cl})^+$] (100).

Соединение **1b** получено по литературной методике,⁴ соединения **1c–e** – по методике,³ описанной в литературе. Соединения **1b–e** также представляют собой смеси галогенидов 2-хлор- и 2-бромпиридиния.

Получение соединений 4a–e, 7a–e, 9a,b, 11 (общая методика). К смеси 2.0 ммоль соли 2-хлор(бром)пиридиния **1a–e** и 0.200 г (2.0 ммоль) цианоацетамида (**5**) (для соединений **4, 7 a–e**) или 0.168 г (2.0 ммоль) цианоацетамида (**8**) (для соединений **9a,b, 11**) в 10 мл EtOH добавляют 0.56 мл (4.0 ммоль) Et_3N . Реакционную смесь перемешивают при комнатной температуре в течение 4 ч, затем выдерживают 24 ч при температуре 0–2 °С в холодильнике. Образовавшийся осадок отфильтровывают, промывают MeOH (для соединений **4a, 7a**) или EtOH . По данным ТСХ полученный осадок содержит соединения **4** и **7** (в реакциях с цианоацетамидом (**5**)) или соединения **9** и **11** (в реакциях с цианоацетамидом (**8**)). Высушенный продукт растворяют в ацетоне и хроматографируют на колонке с силикагелем. Соединения **7a–e** и **9a,b** также можно получить в чистом виде перекристаллизацией из MeOH (для соединений **7a–e**) или из EtOH (для соединений **9a,b**).

Метил-2-амино-1-цианоиндолизин-3-карбоксилат (4a). Выход 0.026 г (6%), бежевый порошок, т. пл. 148–150 °С (EtOH), R_f 0.47. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3448, 3341, 2202, 1673. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.83 (3H, с, CO_2CH_3); 6.35 (2H, с, NH_2); 6.92 (1H, т, $J = 6.7$, H-6); 7.31–7.35 (1H, м, H-7); 7.40 (1H, д, $J = 8.6$, H-8); 9.25 (1H, с, H-5). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 51.2; 70.5; 99.4; 114.0; 114.9; 115.5; 128.0; 128.7; 139.8; 149.2; 161.4. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 216 [$\text{M}+\text{H}^+$] (13), 215 [M^+] (82), 183 (100). Найдено, %: С 61.42; Н 4.25; N 19.49. $\text{C}_{11}\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$. Вычислено, %: С 61.39; Н 4.22; N 19.52.

Этил-2-амино-1-цианоиндолизин-3-карбоксилат (4b). Выход 0.023 г (5%), бежевый порошок, т. пл. 151–152 °С (EtOH) (т. пл. 151 °С)^{4,7}, R_f 0.49.

2-Амино-3-бензоилиндолизин-1-карбонитрил (4c). Выход 0.036 г (7%), желтый порошок, т. пл. 161–162 °С (EtOH) (т. пл. 161–163 °С)⁶, R_f 0.50.

2-Амино-3-(4-метоксибензоил)индолизин-1-карбонитрил (4d). выход 0.029 г (5%), желтый порошок, т. пл. 192–193 °С (EtOH), R_f 0.39. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3493, 3394, 2204, 1634. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.87 (3H, с, OCH_3); 5.66 (2H, с, NH_2); 6.90 (1H, т, $J = 6.8$, H-6); 7.03 (2H, д, $J = 8.6$, H Ar); 7.37–7.47 (2H, м, H-7,8);

7.55 (2H, д, $J = 8.6$, H Ar); 9.19 (1H, д, $J = 6.8$, H-5). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 55.7; 110.3; 113.7; 114.6; 115.0; 115.1; 128.8; 129.2; 129.9; 131.0; 132.4; 140.3; 149.2; 162.2; 182.3. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 291 [M^+] (60), 290 (93), 247 (26), 135 (100). Найдено, %: С 70.13; Н 4.53; N 14.41. $\text{C}_{17}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_2$. Вычислено, %: С 70.09; Н 4.50; N 14.42.

2-Амино-3-(4-хлорбензоил)индолизин-1-карбонитрил (4e). Выход 0.041 г (7%), желтый порошок, R_f 0.4, т. пл. 199–200 °С (EtOH) (т. пл. 199–201 °С)⁶.

Соединения **4c–e** получены с хорошим выходом встречным синтезом из солей 2-хлор(бром)пиридиния **1c–e** и малондинитрила по методике.⁶ В частности, неопианное ранее соединение **4d** получено по методике⁶ из 0.69 г (2.0 ммоль) соли **1d** и 0.13 г (2.0 ммоль) малондинитрила с выходом 0.48 г (82%). Физико-химические характеристики соединений **4c–e**, полученных в реакциях с цианоацетамидом (**5**), соответствуют характеристикам соединений **4c–e**, полученным встречным синтезом с использованием малондинитрила.

Метил-2-(2-тиоксопиридин-1(2H)-ил)ацетат (7a). Выход 0.102 г (28%), желтые иглы, т. пл. 70–71 °С (MeOH), R_f 0.30. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 1742. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.67 (3H, с, CO_2CH_3); 5.26 (2H, с, NCH_2); 6.85 (1H, т, $J = 6.6$, H-5); 7.39–7.42 (1H, м, H-4); 7.47 (1H, д, $J = 8.6$, H-3); 8.12 (1H, д, $J = 6.6$, H-6). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 52.7; 57.4; 113.7; 134.8; 136.0; 143.4; 167.7; 179.9. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 183 [M^+] (15), 101 (18), 86 (100). Найдено, %: С 52.39; Н 5.01; N 7.71; S 17.55. $\text{C}_8\text{H}_9\text{NO}_2\text{S}$. Вычислено, %: С 52.44; Н 4.95; N 7.64; S 17.50.

Этил-2-(2-тиоксопиридин-1(2H)-ил)ацетат (7b). Выход 0.118 г (30%), желтые иглы, т. пл. 65–66 °С (MeOH) (т. пл. 71 °С)⁸, R_f 0.34. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 1743. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 1.19 (3H, т, $J = 7.1$, $\text{CO}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 4.14 (2H, к, $J = 7.1$, $\text{CO}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 5.25 (2H, с, NCH_2); 6.84 (1H, т, $J = 6.5$, H-5); 7.38–7.42 (1H, м, H-4); 7.47 (1H, д, $J = 8.5$, H-3); 8.13 (1H, д, $J = 6.6$, H-6). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 14.5; 57.5; 61.6; 113.7; 134.7; 136.0; 143.4; 167.2; 179.9. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 197 [M^+] (100). Найдено, %: С 54.74; Н 5.67; N 7.18; S 16.21. $\text{C}_9\text{H}_{11}\text{NO}_2\text{S}$. Вычислено, %: С 54.80; Н 5.62; N 7.10; S 16.25.

2-(2-Тиюксопиридин-1(2H)-ил)-1-фенилэтанон (7c). Выход 0.339 г (74%), желтый порошок, т. пл. 184–185 °С (MeOH) (т. пл. 180 °С,⁹ т. пл. 187–190 °С¹⁰), R_f 0.31. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 1668. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 6.08 (2H, с, NCH_2); 6.83 (1H, т, $J = 6.6$, H-5); 7.37–7.41 (1H, м, H-4); 7.49 (1H, д, $J = 8.6$, H-3); 7.58 (2H, т, $J = 7.5$, H Ph); 7.69 (1H, т, $J = 7.3$, H Ph); 8.07–8.09 (3H, м, H-6, H Ph). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 61.9; 96.1; 113.2; 128.3; 129.1; 134.0; 134.6; 135.4; 143.4; 179.7; 191.6. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 229 [M^+] (61), 212 (44), 105 (100). Найдено, %: С 68.12; Н 4.86; N 6.09; S 13.99. $\text{C}_{13}\text{H}_{11}\text{NOS}$. Вычислено, %: С 68.10; Н 4.84; N 6.11; S 13.98.

1-(4-Метоксифенил)-2-(2-тиоксопиридин-1(2H)-ил)этанон (7d). Выход 0.394 г (76%), желтый порошок,

т. пл. 150–151 °С (MeOH), R_f 0.27. ИК спектр, ν , см^{-1} : 1670. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.88 (3H, с, OCH_3); 6.02 (2H, с, NCH_2); 6.80 (1H, т, $J = 6.7$, H-5); 7.05 (2H, д, $J = 8.6$, H Ar); 7.34–7.38 (1H, м, H-4); 7.48 (1H, д, $J = 8.7$, H-3); 8.02–8.04 (3H, м, H-6, H Ar). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 56.0; 61.5; 113.2; 114.4; 128.2; 130.1; 134.6; 135.4; 143.5; 164.0; 179.7; 190.0. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 259 [$\text{M}]^+$ (49), 226 (35), 135 (100). Найдено, %: С 64.88; Н 5.08; N 5.38; S 12.34. $\text{C}_{14}\text{H}_{13}\text{NO}_2\text{S}$. Вычислено, %: С 64.84; Н 5.05; N 5.40; S 12.36.

2-(2-Тиоксопиридин-1(2H)-ил)-1-(4-хлорфенил)-этанон (7e). Выход 0.406 г (77%), желтый порошок, т. пл. 148–149 °С (MeOH), R_f 0.35. ИК спектр, ν , см^{-1} : 1670. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 6.03 (2H, с, NCH_2); 6.82 (1H, т, $J = 6.7$, H-5); 7.36–7.40 (1H, м, H-4); 7.48 (1H, д, $J = 8.6$, H-3); 7.59 (2H, д, $J = 8.5$, H Ar); 8.07–8.09 (3H, м, H-6, H Ar). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 61.8; 113.2; 129.3; 130.0; 134.0; 134.6; 135.3; 135.4; 143.4; 179.7; 190.7. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 263 [$\text{M}(^{35}\text{Cl})]^+$ (47), 139 (91), 78 (100). Найдено, %: С 59.19; Н 3.84; N 5.30; S 12.13. $\text{C}_{13}\text{H}_{10}\text{ClNOS}$. Вычислено, %: С 59.20; Н 3.82; N 5.31; S 12.16.

Метил-2-амино-1-карбамоилиндолизин-3-карб-оксилат (9a). Выход 0.112 г (24%), белый порошок, т. пл. 228–230 °С (EtOH), R_f 0.36. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3372, 3191, 1675. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.83 (3H, с, CO_2CH_3); 6.60 (2H, с, 2-NH₂); 6.90 (1H, т, $J = 6.8$, H-6); 6.99 (2H, уш. с, CONH_2); 7.27–7.33 (1H, м, H-7); 7.79 (1H, д, $J = 8.9$, H-8); 9.29 (1H, д, $J = 6.8$, H-5). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 51.0; 93.7; 99.3; 112.5; 116.5; 126.6; 128.0; 136.6; 149.0; 161.9; 167.8. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 233 [$\text{M}]^+$ (74), 216 (52), 185 (18), 158 (100). Найдено, %: С 56.63; Н 4.80; N 18.00. $\text{C}_{11}\text{H}_{11}\text{N}_3\text{O}_3$. Вычислено, %: С 56.65; Н 4.75; N 18.02.

Этил-2-амино-1-карбамоилиндолизин-3-карб-оксилат (9b). Выход 0.144 г (29%), белый порошок, т. пл. 203–205 °С (EtOH), R_f 0.46. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3370, 3191, 1673. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 1.40 (3H, т, $J = 7.0$, $\text{CO}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 4.35 (2H, к, $J = 7.0$,

$\text{CO}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$); 6.51 (2H, с, 2-NH₂); 6.74–6.87 (3H, м, H-6, CONH_2); 7.21–7.25 (1H, м, H-7); 7.79 (1H, д, $J = 9.0$, H-8); 9.31 (1H, с, H-5). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 15.0; 59.6; 93.8; 99.4; 112.5; 116.5; 126.5; 128.0; 136.6; 149.0; 161.6; 167.7. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 247 [$\text{M}]^+$ (50), 230 (21), 185 (11), 158 (100). Найдено, %: С 58.27; Н 5.33; N 16.97. $\text{C}_{12}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_3$. Вычислено, %: С 58.29; Н 5.30; N 16.99.

2,4-Дioxo-2,3,4,5-тетрагидропиридо[1,2-d][1,4]диазепин-1-карбонитрил (11). Выход 0.030 г (8%), из смеси соединений **9a** и **11**), 0.024 г (6%, из смеси соединений **9b** и **11**), желтый порошок, т. пл. >300 °С (с разл.), R_f 0.10. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3502, 2188, 1673. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 4.89 (2H, с, 5-CH₂); 7.16 (1H, т, $J = 6.8$, H-8); 7.51 (1H, д, $J = 8.7$, H-10); 7.90–7.94 (1H, м, H-9); 8.36 (1H, д, $J = 6.8$, H-7); 10.61 (1H, с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 60.8; 71.5; 117.5; 121.1; 122.9; 140.9; 141.4; 152.8; 163.9; 165.1. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 201 [$\text{M}]^+$ (4), 158 (100). Найдено, %: С 59.69; Н 3.55; N 20.86. $\text{C}_{10}\text{H}_7\text{N}_3\text{O}_2$. Вычислено, %: С 59.70; Н 3.51; N 20.89.

Список литературы

1. Kröhnke, F.; Heffe W. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **1937**, *70*, 864.
2. Pauls, H.; Kröhnke, F. *Chem. Ber.* **1977**, *110*, 1294.
3. Хорошилов, Г. Е.; Демчак, И. В. *Вісн. Харків. нац. ун-ту, Хімія*. **2007**, *770*, вип. 15(38), 210.
4. Khoroshilov, G. E.; Tverdokhleb, N. M.; Brovarets, V. S.; Babaev, E. V. *Tetrahedron* **2013**, *69*, 4353.
5. Jagodziński, T. S. *Chem. Rev.* **2003**, *103*, 197.
6. Khoroshilov, G. E. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2001**, *37*, 1141. [Химия гетероцикл. соединений **2001**, 1245.]
7. Tverdokhleb, N. M.; Khoroshilov, G. E.; Zubatyuk, R. I.; Shishkin, O. V. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2013**, *49*, 720. [Химия гетероцикл. соединений **2013**, 772.]
8. Babaev, E. V.; Smirnov, G. A.; Rybakov, V. B. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2005**, *41*, 1071. [Химия гетероцикл. соединений **2005**, 1250.]
9. Pauls, H.; Kröhnke, F. *Chem. Ber.* **1976**, *109*, 3653.
10. Blank, B.; DiTullio, N. W.; Krog, A. J.; Saunders, H. J. *J. Med. Chem.* **1978**, *21*, 489.