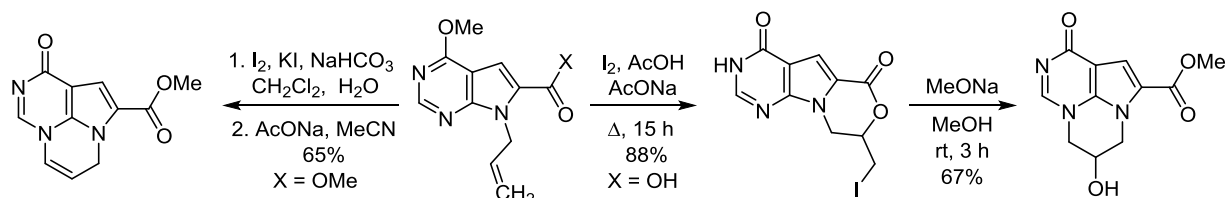


## Производные пирроло[2,3-*d*]пиримидина в синтезе новой гетероциклической системы 2а,5а,7-триазааценафтилена

Любовь В. Музыка<sup>1</sup>, Ирина О. Яремчук<sup>1</sup>,  
Евгений В. Вервес<sup>1</sup>, Олег Б. Смолий<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Институт биоорганической химии и нефтехимии им. В. П. Кухаря НАН Украины,  
ул. Мурманская, 1, Киев 02094, Украина; e-mail: smolii@bpci.kiev.ua

Поступило 28.02.2019  
Принято после доработки 3.04.2019



Разработан удобный метод синтеза метил-8-оксо-3*H*,8*H*-2а,5а,7-триазааценафтилен-2-карбоксилата реакцией иодирования метилового эфира 7-аллил-4-метоксипирроло[2,3-*d*]пиримидин-6-карбоновой кислоты с последующим элиминированием иодистого водорода. Применение в качестве исходного соединения 4-метоксипирроло[2,3-*d*]пиримидин-6-карбоновой кислоты привело к образованию иодметилпиримидо[5',4':4,5]пирроло[2,1-*c*][1,4]оксазина, перспективного для синтеза новой трициклической системы на основе пирроло[2,3-*d*]пиримидина.

**Ключевые слова:** пиримидо[5',4':4,5]пирроло[2,1-*c*][1,4]оксазин, пирроло[2,3-*d*]пиримидин, 2а,5а,7-триазааценафтилен, иодирование, циклизация.

Синтез новых гетероциклических систем является перспективным направлением поиска биологически активных соединений. Особый интерес среди трициклических конденсированных соединений представляют производные триазааценафтилена, которые являются антагонистами рецептора CRF<sub>1</sub>.<sup>1,2</sup> Кроме того, получен новый антибактериальный препарат гепотидацин (GSK2140944) – 2а,5,8а-триазааценафтилен – ингибитор ДНК-топоизомеразы II (рис. 1).<sup>3,4</sup> В связи с этим поиск методов синтеза новых соединений класса триазааценафтиленов, несомненно, является актуальной задачей.

В литературе описано несколько представителей класса триазааценафтиленов, синтезы которых основаны на аннелировании шестичленного цикла к бициклической системе имидазо[1,2-*a*]пиримидина,<sup>5–7</sup> 5-азаиндолина,<sup>8</sup> 9-дезагуанина<sup>9</sup> или 7-дезаксантина.<sup>10</sup> Использование пирроло[2,3-*d*]пиримидинового цикла открывает новые возможности для циклизаций с образованием полигетероциклических систем. Цель нашей работы – синтез производных новой трициклической системы на основе пирроло[2,3-*d*]пиримидина – 2а,5а,7-триазааценафтилена (схема 1). В качестве исходного соединения был выбран метиловый эфир 7-аллил-4-метоксипирроло[2,3-*d*]пиримидин-6-карбо-

новой кислоты (**1**), полученный взаимодействием 4,6-дихлорпиримидин-5-карбальдегида с этил-*N*-аллилглицинатом с последующей циклизацией MeONa по методу, описанному нами ранее.<sup>11</sup>

Щелочной гидролиз эфира **1** приводит к образованию 4-метоксипирроло[2,3-*d*]пиримидин-6-карбоновой кислоты **2** с высоким выходом. Дальнейшие исследования были направлены на изучение реакции иодирования. Нами установлено, что при нагревании кислоты **2** с иодом в AcOH в течение 15 ч в присутствии AcONa происходит циклизация с образованием нового производного иодметилпиримидо[5',4':4,5]пирроло[2,1-*c*][1,4]оксазина **3**. Подобного рода

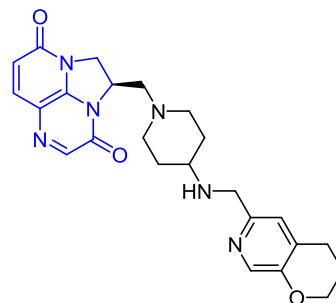
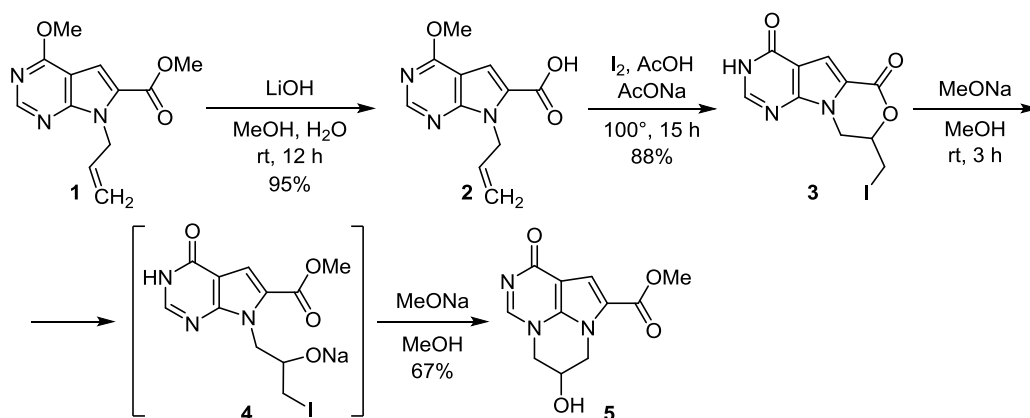


Рисунок 1. Гепотидацин – ингибитор ДНК-топоизомеразы II.

Схема 1



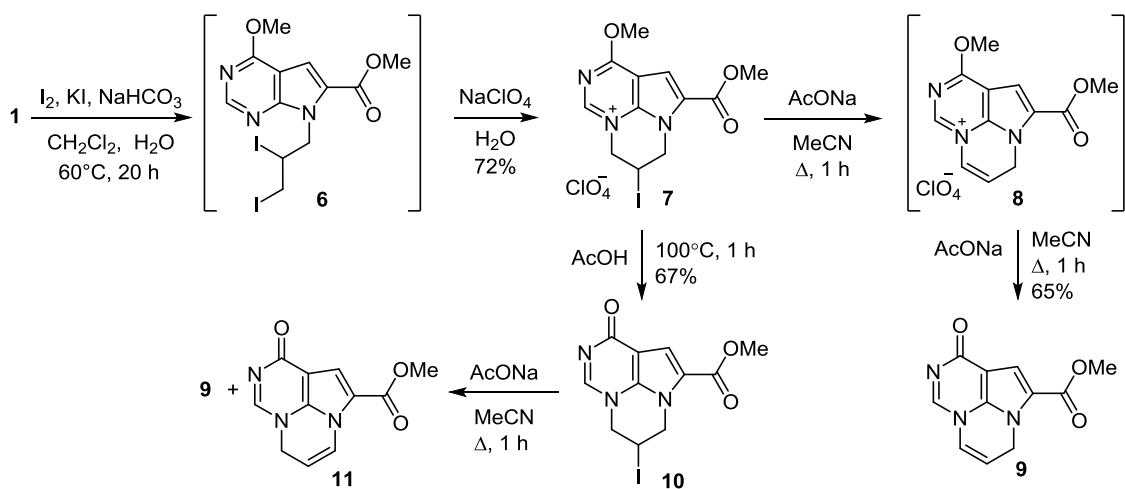
превращение было описано нами ранее на близком примере.<sup>12</sup>

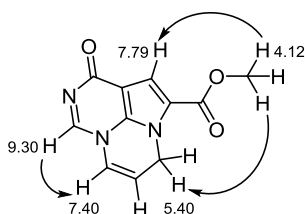
Состав и строение соединения **3** подтверждены результатами элементного анализа, а также данными хромато-масс-спектров, спектров ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ . Так, в спектре ЯМР  $^1\text{H}$  соединения **3** присутствуют сигналы протонов группы  $\text{CH}_2\text{I}$  в виде двух однопротонных дублет дублетов в области 3.58 и 3.65 м. д., а сигнал протона группы  $\text{CH}$  наблюдается при 4.88–4.92 м. д. Особенностью спектра ЯМР  $^{13}\text{C}$  соединения **3** является наличие сигнала атома углерода группы  $\text{CH}$  при 76.7 м. д. Сигнал атома углерода иодметильной группы проявляется при 4.4 м. д.

При обработке оксазина **3** MeONa происходит нуклеофильная атака по карбонильной группе, которая сопровождается расщеплением лактонного цикла. При этом, вероятно, образуется интермедиат **4**, аналоги которого были описаны нами ранее.<sup>13</sup> Отщепление  $\text{NaI}$  в условиях реакции приводит к производному 2а,5а,7-триазааценафтилена **5** – представителю новой трициклической системы на основе пирроло[2,3-*d*]пиримидина. Состав и строение соединения **5** подтверждены результатами элементного анализа, а также данными хромато-масс-спектров, спектров ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ . Так, в спектре ЯМР  $^1\text{H}$  соединения **5** присутствуют сигналы протонов групп  $\text{CH}_2$  и  $\text{CH}$  в виде мультиплетов в области 4.08–4.55 м. д., а сигнал протона группы  $\text{OH}$  наблюдается при 5.68 м. д.

Иодирование метилового эфира 7-аллил-4-метокси-пирроло[2,3-*d*]пиримидин-6-карбоновой кислоты (**1**) в системе  $\text{CH}_2\text{Cl}_2\text{--H}_2\text{O}$  в присутствии  $\text{NaHCO}_3$  приводит к соли 4,5-дигидро-3*H*-2а,7-диаза-5а-азониааценафтилена **7**, которая была выделена в виде перхлората (схема 2). Нагреванием соединения **7** в течение 1 ч в  $\text{AcOH}$  получено производное 2а,5а,7-триазааценафтилена **10**, обработка которого безводным  $\text{AcONa}$  в  $\text{MeCN}$  приводит к трудноразделимой смеси соединений **9**, **11**. Поэтому для получения в чистом виде одного из них в качестве исходного вещества был выбран перхлорат 4,5-дигидро-3*H*-2а,7-диаза-5а-азониааценафтилена **7**. Следует отметить, что элиминирование иодистого водорода протекает при участии группы  $\text{CH}_2$ , связанной с положительно заряженным атомом азота, и приводит к образованию промежуточного продукта **8**, который превращается в соединение **9**. Состав и строение синтезированных соединений подтверждены результатами элементного анализа, а также данными хромато-масс-спектров, спектров ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ . Для доказательства структуры соединения **9** были также изучены спектры NOESY (рис. 2). ЯЭО обнаружен для сигналов протонов метоксигруппы и групп  $\text{NCH}_2$ , а также для протонов Н-6 и Н-5. При подавлении сигнала протонов метоксигруппы (4.12 м. д.) интенсивность сигналов протонов группы  $\text{NCH}_2$  (5.40 м. д.) возрастает, а насыщение протона Н-6 (9.30 м. д.) приводит к

Схема 2





**Рисунок 2.** Ключевые гомоядерные корреляции в спектре NOESY соединения **9** ( $\delta$ , м. д.).

усилению за счет ЯЭО сигнала протона H-5 (7.40 м. д.), что свидетельствует о пространственной близости указанных протонов в структуре соединения **9**.

Таким образом, нами предложен удобный метод синтеза производных новой трициклической системы на основе пирроло[2,3-*d*]пиримидина – 2а,5а,7-триаза-аценафтилена, которые могут быть перспективными для дальнейших модификаций.

### Экспериментальная часть

Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  зарегистрированы на приборах Varian Mercury-400 (400 и 100 МГц соответственно) и Bruker Avance DRX-500 (500 и 125 МГц соответственно), внутренний стандарт ТМС. Сигналы атомов  $^{13}\text{C}$  были отнесены с использованием метода АРТ. Хромато-масс-спектры записаны на высокоэффективном жидкостном хроматографе Agilent 1100 Series, оснащенный диодной матрицей с масс-селективным детектором Agilent LC/MSD SL, метод ионизации – химическая ионизация при атмосферном давлении, диапазон сканирования –  $m/z$  80–1000. Элементный анализ проведен в аналитической лаборатории Института биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины. Содержание углерода и водорода определено весовым методом Прегля, а азота – газометрическим микрометодом Дюма. Температуры плавления определены на столике Voetius. Контроль за ходом реакций и чистотой полученных соединений осуществлен методом ТСХ на пластинах Silufol-254, элюент  $\text{CHCl}_3$ – $\text{MeOH}$ , 19:1.

**Метил-7-аллил-4-метокси-7H-пирроло[2,3-*d*]пиримидин-6-карбоксилат (1).**<sup>11</sup> К раствору 10.0 г (56.5 ммоль) 4,6-дихлорпиримидин-5-карбальдегида в 100 мл сухого PhH при перемешивании и охлаждении (0–5 °С) по каплям добавляют раствор 8.08 г (56.5 ммоль) этил-*N*-аллилглицината и 11.44 г (113.0 ммоль)  $\text{Et}_3\text{N}$  в 100 мл сухого PhH. Смесь перемешивают при комнатной температуре в течение 5 ч. Осадок  $\text{Et}_3\text{N}\cdot\text{HCl}$  отфильтровывают, растворитель упаривают при пониженном давлении. Остаток, который содержит этил-*N*-аллил-*N*-(5-формил-6-хлорпиримидин-4-ил)глицинат, растворяют в 150 мл MeOH и добавляют раствор 6.10 г (113.0 ммоль) MeONa в 50 мл MeOH. Реакционную смесь перемешивают при комнатной температуре в течение 2 ч. Образовавшийся осадок отфильтровывают и очищают перекристаллизацией из *i*-PrOH. Выход 13.64 г (85%), белые кристаллы, т. пл. 65–67 °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц,  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 3.87 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.09 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.84 (1H, д,  $J = 17.2$ ) и 5.05

(1H, д,  $J = 10.4$ ,  $\text{NCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ); 5.26 (2H, д,  $J = 3.2$ ,  $\text{NCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ); 5.95–6.00 (1H, м,  $\text{NCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ); 7.26 (1H, с, H-5); 8.51 (1H, с, H-2). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (125 МГц,  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 45.6 ( $\text{NCH}_2$ ); 51.9 ( $\text{OCH}_3$ ); 53.8 ( $\text{OCH}_3$ ); 104.4 (C); 107.3 (CH); 116.2 ( $=\text{CH}_2$ ); 125.9 (C); 133.6 ( $\text{NCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ); 153.2 (C); 153.6 (CH); 161.3 (C); 164.5 (C). Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 248 [ $\text{M}+\text{H}$ ]<sup>+</sup> (100). Найдено, %: C 58.31; H 5.34; N 16.97.  $\text{C}_{12}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_3$ . Вычислено, %: C 58.29; H 5.30; N 16.99.

**7-Аллил-4-метокси-7H-пирроло[2,3-*d*]пиримидин-6-карбоновая кислота (2).** Суспензию 2.47 г (10 ммоль) метил-7-аллил-4-метокси-7H-пирроло[2,3-*d*]пиримидин-6-карбоксилата (**1**) и 0.78 г (13.0 ммоль) LiOH в 30 мл 50% водного MeOH перемешивают при комнатной температуре в течение 12 ч. К прозрачному бесцветному раствору добавляют 10 мл 10% HCl. Образовавшийся осадок отфильтровывают, промывают  $\text{H}_2\text{O}$  и очищают перекристаллизацией из MeCN. Выход 2.2 г (95%), белый порошок, т. пл. 188–191 °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц,  $\text{DMCO-}d_6$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 4.06 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.72 (1H, д,  $J = 17.6$ ) и 5.03 (1H, д,  $J = 10.4$ ,  $\text{NCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ); 5.19–5.22 (2H, м,  $\text{NCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ); 5.95–6.03 (1H, м,  $\text{NCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ); 7.19 (1H, с, H-5); 8.51 (1H, с, H-2); 13.25 (1H, уш. с, OH). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (125 МГц,  $\text{DMCO-}d_6$ ): 45.3 ( $\text{NCH}_2$ ); 54.3 ( $\text{OCH}_3$ ); 104.0 (C); 106.4 (CH); 115.9 ( $=\text{CH}_2$ ); 127.4 (C); 134.8 ( $\text{NCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ); 153.1 (C); 153.8 (CH); 162.1 (C); 164.2 (C). Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 234 [ $\text{M}+\text{H}$ ]<sup>+</sup> (100). Найдено, %: C 56.67; H 4.77; N 17.99.  $\text{C}_{11}\text{H}_{11}\text{N}_3\text{O}_3$ . Вычислено, %: C 56.65; H 4.75; N 18.02.

**8-(Иодметил)-8,9-дигидро-4H-пиримидо[5',4':4,5]-пирроло[2,1-*c*][1,4]оксазин-4,6(3H)-дион (3).** Смесь 7.0 г (30 ммоль) пирроло[2,3-*d*]пиримидин-6-карбоновой кислоты **2**, 15.24 г (60 ммоль)  $\text{I}_2$  и 9.84 г (120 ммоль) AcONa в 80 мл AcOH перемешивают при 100 °С в течение 15 ч. Образовавшийся осадок отфильтровывают, промывают *i*-PrOH и очищают перекристаллизацией из MeCN–DMFA, 2:1. Выход 9.1 г (88%), белые кристаллы, т. пл. 216–218 °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц,  $\text{DMCO-}d_6$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 3.58 (1H, д, д,  $J = 10.8$ ,  $J = 5.6$ ) и 3.65 (1H, д, д,  $J = 10.8$ ,  $J = 4.8$ ,  $\text{CH}_2\text{I}$ ); 4.09 (1H, д, д,  $J = 13.2$ ,  $J = 10.4$ ) и 4.71 (1H, д, д,  $J = 13.2$ ,  $J = 3.2$ ,  $\text{NCH}_2$ ); 4.88–4.92 (1H, м, CH); 7.31 (1H, с, H-5); 8.12 (1H, с, H-2); 12.25 (1H, уш. с, NH). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (100 МГц,  $\text{DMCO-}d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 4.4 ( $\text{CH}_2\text{I}$ ); 43.7 ( $\text{CH}_2$ ); 76.7 (CH); 109.7 (C); 109.9 (CH); 119.5 (C); 147.8 (C); 148.0 (CH); 158.2 (C); 158.6 (C). Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 346 [ $\text{M}+\text{H}$ ]<sup>+</sup> (100). Найдено, %: C 34.78; H 2.39; N 12.11.  $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{IN}_3\text{O}_3$ . Вычислено, %: C 34.81; H 2.34; N 12.18.

**Метил-4-гидрокси-8-оксо-4,5-дигидро-3H,8H-2а,5а,7-триазааценафтилен-2-карбоксилат (5).** Смесь 6.9 г (20 ммоль) соединения **3** и 3.24 г (60 ммоль) MeONa в 50 мл MeOH перемешивают при комнатной температуре в течение 3 ч. Образовавшийся осадок отфильтровывают, промывают MeOH и очищают перекристаллизацией из MeCN–DMFA, 2:1. Выход 3.33 г (67%), белый порошок, т. пл. 225–227 °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц,  $\text{DMCO-}d_6$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 3.81 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.08–4.23 (3H, м) и 4.50–4.55 (2H, м,  $2\text{CH}_2$ , CH);

5.68 (1H, уш. с, OH); 7.08 (1H, с, Н-1); 8.23 (1H, с, Н-6). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (125 МГц,  $\text{DMCO-}d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 48.9 ( $\text{CH}_2$ ); 49.2 ( $\text{CH}_2$ ); 52.3 ( $\text{OCH}_3$ ); 60.1 (CH); 105.5 (C); 111.1 (CH); 122.2 (C); 138.5 (C); 148.5 (CH); 160.8 (C); 166.3 (C). Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 250  $[\text{M}+\text{H}]^+$  (100). Найдено, %: С 53.04; Н 4.49; N 16.90.  $\text{C}_{11}\text{H}_{11}\text{N}_3\text{O}_4$ . Вычислено, %: С 53.01; Н 4.45; N 16.86.

**Перхлорат 4-нод-8-метокси-2-(метоксикарбонил)-4,5-дигидро-3H-2а,7-диаза-5а-азониааценафтилена (7).** К раствору 7.4 г (30 ммоль) пирроло[2,3-*d*]пиримидина **1** в 100 мл  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  добавляют раствор 15.2 г (60 ммоль)  $\text{I}_2$ , 30 г (180 ммоль) KI в 150 мл  $\text{H}_2\text{O}$  и 100 мл насыщенного раствора  $\text{NaHCO}_3$ . Смесь при интенсивном перемешивании нагревают при 60 °С в течение 20 ч. Образовавшийся осадок отфильтровывают и обрабатывают 0.1 н. раствором  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Светло-желтый осадок растворяют в 100 мл  $\text{H}_2\text{O}$  и добавляют 10 мл насыщенного раствора  $\text{NaClO}_4$ . Образовавшийся осадок отфильтровывают, промывают  $\text{H}_2\text{O}$  и очищают перекристаллизацией из  $\text{MeCN}$ – $\text{DMFA}$ , 1:1. Выход 10.2 г (72%), белый порошок, т. пл. 148–150 °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (500 МГц,  $\text{DMCO-}d_6$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 3.93 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.34 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.85–5.01 (4H, м) и 5.01–5.07 (1H, м,  $2\text{CH}_2$ , CH); 7.68 (1H, с, Н-1); 9.29 (1H, с, Н-6). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (125 МГц,  $\text{DMCO-}d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 10.3 (CH); 52.2 ( $\text{CH}_2$ ); 53.1 ( $\text{OCH}_3$ ); 54.1 ( $\text{CH}_2$ ); 57.4 ( $\text{OCH}_3$ ); 104.6 (C); 108.1 (CH); 129.1 (C); 139.6 (C); 148.8 (CH); 159.7 (C); 165.9 (C). Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 376  $[\text{M}+\text{H}-\text{ClO}_4]^+$  (100). Найдено, %: С 30.39; Н 2.76; N 8.81.  $\text{C}_{12}\text{H}_{13}\text{ClIN}_3\text{O}_7$ . Вычислено, %: С 30.43; Н 2.77; N 8.87.

**Метил-8-оксо-3H,8H-2а,5а,7-триазааценафтилен-2-карбоксилат (9).** Смесь 4.73 г (10 ммоль) соединения **7** и 2.46 г (30 ммоль) безводного  $\text{AcONa}$  в 50 мл  $\text{MeCN}$  кипятят в течение 1 ч. Образовавшийся осадок отфильтровывают, промывают  $\text{H}_2\text{O}$  и очищают перекристаллизацией из  $\text{MeNO}_2$ . Выход 1.5 г (65%), белые кристаллы, т. пл. 235–237 °С (с разл.). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц,  $\text{CF}_3\text{COOD}$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 4.12 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 5.40 (2H, с,  $\text{NCH}_2$ ); 6.34–6.36 (1H, м, Н-4); 7.40 (1H, д,  $J = 8.0$ , Н-5); 7.79 (1H, с, Н-1); 9.30 (1H, с, Н-6). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (125 МГц,  $\text{CF}_3\text{COOD}$ ),  $\delta$ , м. д.: 44.6 ( $\text{CH}_2$ ); 52.9 ( $\text{OCH}_3$ ); 106.8 (C); 113.4 (CH); 117.3 (CH); 119.4 (CH); 127.5 (C); 133.5 (C); 144.1 (CH); 156.2 (C). Сигнал атома  $\text{C}=\text{O}$  перекрывается с сигналом  $\text{CF}_3\text{COOD}$ . Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 232  $[\text{M}+\text{H}]^+$  (100). Найдено, %: С 57.17; Н 3.96; N 18.15.  $\text{C}_{11}\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_3$ . Вычислено, %: С 57.14; Н 3.92; N 18.17.

**Метил-4-нод-8-оксо-4,5-дигидро-3H,8H-2а,5а,7-триазааценафтилен-2-карбоксилат (10).** Суспензию 7.1 г

(15 ммоль) соединения **7** в 50 мл  $\text{AcOH}$  перемешивают при 100 °С в течение 1 ч. Образовавшийся осадок отфильтровывают, промывают  $\text{H}_2\text{O}$  и очищают перекристаллизацией из  $\text{MeCN}$ – $\text{DMFA}$ , 1:1. Выход 3.6 г (67%), белый порошок, т. пл. 187–189 °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (400 МГц,  $\text{DMCO-}d_6$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 3.87 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.60–4.92 (4H, м) и 5.04–5.06 (1H, м,  $2\text{CH}_2$ , CH); 7.44 (1H, с, Н-1); 9.32 (1H, с, Н-6). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (100 МГц,  $\text{DMCO-}d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 11.7 (CH); 52.4 ( $\text{CH}_2$ ); 52.8 ( $\text{OCH}_3$ ); 54.2 ( $\text{CH}_2$ ); 106.4 (C); 111.7 (CH); 125.8 (C); 135.7 (C); 149.1 (CH); 157.7 (C); 160.4 (C). Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 360  $[\text{M}+\text{H}]^+$  (100). Найдено, %: С 36.74; Н 2.86; N 11.65.  $\text{C}_{11}\text{H}_{10}\text{IN}_3\text{O}_3$ . Вычислено, %: С 36.79; Н 2.81; N 11.70.

#### Список литературы

- Gentile, G.; Di Fabio, R.; Pavone, F.; Sabbatini, F. M.; St-Denis, Y.; Zampori, M. G.; Vitulli, G.; Worby, A. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **2007**, *17*, 5218.
- Dyck, B.; Grigoriadis, D. E.; Gross, R. S.; Guo, Z.; Haddach, M.; Marinkovic, D.; McCarthy, J. R.; Moorjani, M.; Regan, C. F.; Saunders, J.; Schwaebe, M. K.; Szabo, T.; Williams, J. P.; Zhang, X.; Bozigian, H.; Chen, T. K. *J. Med. Chem.* **2005**, *48*, 4100.
- Biedenbach, D. J.; Bouchillon, S. K.; Hackel, M.; Miller, L. A.; Scangarella-Oman, N. E.; Jakielaszek, C.; Sahm, D. F. *Antimicrob. Agents Chemother.* **2016**, *60*, 1918.
- Golparian, D.; Jacobsson, S.; Unemo, M.; Scangarella-Oman, N. *J. Antimicrob. Chemother.* **2018**, *73*, 2072.
- Kawamoto, T.; Tomimatsu, K.; Ikemoto, T.; Abe, H.; Hamamura, K.; Takatani, M. *Tetrahedron Lett.* **2000**, *41*, 3447.
- Chui, W.-K.; Dolzhenko, A. V.; Dolzhenko, A. V. *Heterocycles* **2007**, *71*, 2049.
- Sun, H.; Zhou, H.; Khorev, O.; Jiang, R.; Yu, T.; Wang, X.; Du, Y.; Ma, Y.; Meng, T.; Shen, J. *J. Org. Chem.* **2012**, *77*, 10745.
- Azimov, V. A.; Bychikhina, N. N.; Yakhontov, L. N. *Chem. Heterocycl. Compd.* **1982**, *18*, 1061. [Химия гетероцикл. соединений **1982**, 1370.]
- Erion, M. D.; Niwas, S.; Rose, J. D.; Ananthan, S.; Allen, M.; Secrist, J. A.; Babu, S.; Bugg, C. E.; Guida, W.; Ealick, S. E.; Montgomery, J. A. *J. Med. Chem.* **1993**, *36*, 3771.
- Rosemeyer, H.; Kretschmer, U.; Seela, F. *Helv. Chim. Acta* **1985**, *68*, 2165.
- Verves, E. V.; Kucher, A. V.; Muzychka, L. V.; Smolii, O. B. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2013**, *48*, 1844. [Химия гетероцикл. соединений **2012**, 1968.]
- Yaremchuk, I. O.; Muzychka, L. V.; Smolii, O. B.; Kucher, O. V.; Shishkina, S. V. *Tetrahedron Lett.* **2018**, *59*, 442.
- Muzychka, L. V.; Yaremchuk, I. O.; Muzychka, O. V.; Smolii, O. B. *Fr.-Ukr. J. Chem.* **2017**, *5*, 15.