

А. С. Тихомиров<sup>а</sup>, А. Е. Щекотихин\*, Ю. Н. Лузиков,  
А. М. Королев, М. Н. Преображенская

## ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ АНАЛОГИ 5,12-НАФТАЦЕНХИНОНА 10\*. СИНТЕЗ ФУРАНОХИНИЗАРИНА И ЕГО НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

Разработан новый метод получения производных антра[2,3-*b*]фуран-5,10-диона. Ключевым соединением для аннелирования фуранового фрагмента к антрахиноновому хромофору является ранее неизвестный аналог салицилового альдегида – 2-гидрокси-1,4-диметокси-3-формилантрахинон, синтезированный нами по реакции Миллера–Лоудона–Шнайдера. Для его трансформации в целевой 4,11-дигидроксиантра[2,3-*b*]фуран-5,10-дион (фуранохинизарин) использована цепь последовательных превращений: *O*-алкилирование исходного гидроксиформилантрахинона эфирами бромуксусной кислоты, циклодегидратация эфиров 3-формилантрахинон-2-илоксиуксусной кислоты в присутствии оснований, гидролиз полученных эфиров до 4,11-диметокси-5,10-диоксо-5,10-дигидроантра[2,3-*b*]фуран-2-карбоновой кислоты, её декарбоксилирование и деметилирование образовавшегося 4,11-диметоксиантра[2,3-*b*]фуран-5,10-диона.

**Ключевые слова:** 2-гидрокси-1,4-диметокси-3-формилантрахинон, 4,11-дигидроксиантра[2,3-*b*]фуран-5,10-дион, 4,11-диметоксиантра[2,3-*b*]фуран-5,10-дион, алкилирование, декарбоксилирование, циклизация.

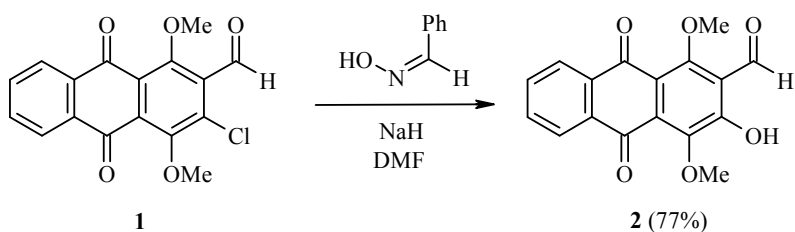
Гетероциклические производные антрахинона перспективны для поиска веществ, обладающих противоопухолевой активностью. Ранее нами были разработаны методы получения некоторых производных антра[2,3-*b*]фуран-5,10-диона [2, 3] и показано, что некоторые из них способны ингибировать топоизомеразу I и обладают высокой антипролиферативной активностью [4]. Однако разработанные нами схемы синтеза эффективны лишь для получения 2-алкилантра[2,3-*b*]фуран-5,10-дионов. Тестирование биологических свойств антрафурандионов показало, что заместитель в положении 2 гетероциклического ядра влияет на взаимодействие с биомишенями и цитотоксические свойства соединений [4]. Поэтому для дальнейшего выявления связей структура–активность целесообразна разработка метода получения 4,11-дигидроксиантра[2,3-*b*]фуран-5,10-диона (фуранохинизарина) и его производных, незамещённых по гетероциклическому ядру.

Ранее для синтеза некоторых гетероциклических аналогов 5,12-нафтаценхинона нами был использован 1,4-диметокси-2-формил-3-хлор-9,10-антрахинон (**1**) [5]. Замещение галогена на гидроксигруппу в альдегиде **1** дало бы 2-гидрокси-1,4-диметокси-3-формил-9,10-антрахинон (**2**). Этот аналог салицилового альдегида является перспективным полупродуктом для синтеза различных классов гетероаренантрахинонов, напри-

\* Сообщение 9 см. [1].

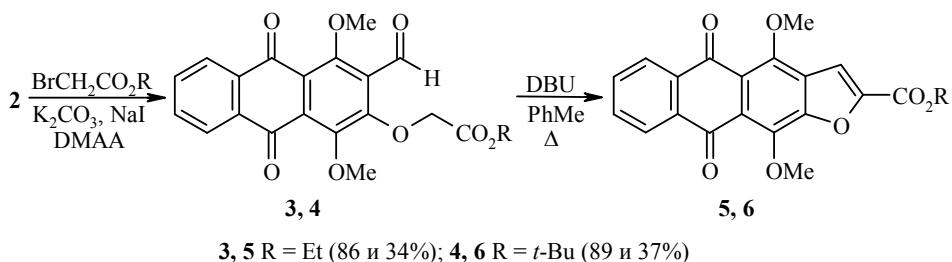
мер, для аннелирования фуранового ядра. Однако провести прямое замещение хлора на гидроксигруппу в антрахиноне **1** при действии гидроксид-иона в различных растворителях нам не удалось.

Поскольку ранее было показано, что в альдегиде **1** атом галогена легко замещается при действии *O*-нуклеофила – аниона оксима ацетона [5], то для замещения хлора на гидроксигруппу был адаптирован метод Миллера–Лоудона–Шнайдера, также основанный на использовании "защищённого гидроксилamina" [6]. В основе этого метода лежит реакция, предложенная Шнайдером для нуклеофильного замещения активированных уходящих групп в ароматическом ядре на гидроксигруппу действием аниона оксима бензальдегида [7]. Оказалось, что обработка *o*-хлоральдегида **1** анионом бензальдоксима, генерированного действием NaH на оксим бензальдегида в ДМФА, даёт соответствующий *o*-гидроксиальдегид **2** с хорошим выходом.



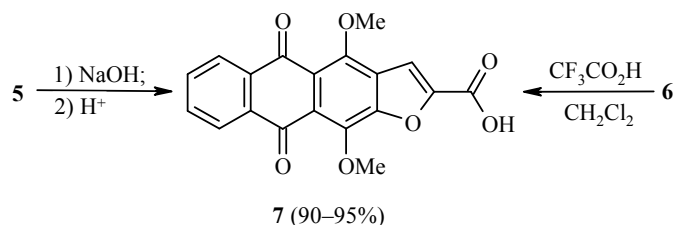
*o*-Гидроксикарбонильные соединения являются удобными полупродуктами для получения конденсированных производных фурана, содержащих в положении 2 карбонильную или алкоксикарбонильную группировку [8]. Гетероциклизацию фуранового ядра на основе аналогов салицилового альдегида осуществляют последовательным алкилированием  $\alpha$ -галогенкарбонилсодержащими соединениями с последующей циклодегидратацией в присутствии основания [9, 10], причём в некоторых случаях обе стадии удаётся совместить в одну [11, 12].

Поэтому первоначально мы предприняли попытку аннелирования фуранового цикла к аналогу салицилового альдегида **2** в одну стадию, действием эфиров бромуксусной кислоты в присутствии основания. Нами были опробованы некоторые основания ( $K_2CO_3$ , *t*-BuOK, NaOEt, NaH) в различных растворителях (ДМФА, ДМАА, бензол, спирт), однако подобрать условия для эффективного проведения одностадийной гетероциклизации не удалось. Целевое производное антра[2,3-*b*]фуран-5,10-диона было выделено в следовых количествах при нагревании антрахинона **2** с *tert*-бутиловым эфиром бромуксусной кислоты в ДМФА в присутствии безводного поташа. После ряда неудачных циклизаций *in situ* была предпринята попытка циклизации фуранового цикла в две стадии с выделением промежуточного продукта реакции. На первой стадии было проведено *O*-алкилирование альдегида **2** эфирами бромуксусной кислоты при нагревании в присутствии поташа в *N,N*-диметилацетамиде. Так были получены этиловый **3** и *tert*-бутиловый **4** эфиры 2-(1,4-диметокси-9,10-диоксо-3-формилантрацен-2-илокси)уксусной кислоты.

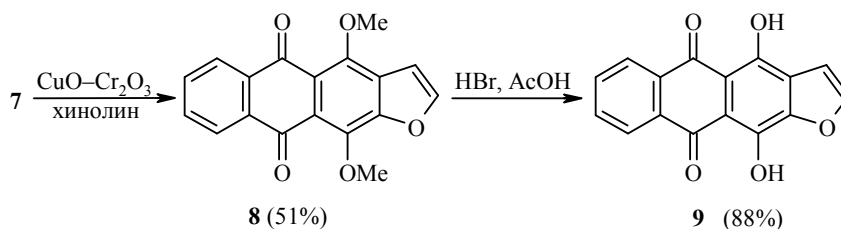


На следующей стадии были предприняты попытки внутримолекулярной циклодегидратации антрахинонов **3, 4** в соответствующие производные антра[2,3-*b*]фуран-5,10-диона. Для циклизации были опробованы различные основания (NaH, *t*-BuOK, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, ДБУ) и растворители (ДМАА, толуол, спирт). Наиболее эффективно циклизация протекает при нагревании соединений **3, 4** в присутствии безводного поташа в ДМАА, а также действием 1,8-диазабисцикло[5.4.0]ундец-7-ена в толуоле. Максимальный выход (34–37%) эфиров антра[2,3-*b*]фуран-2-карбоновой кислоты **5, 6** был получен при использовании в качестве основания ДБУ.

Эфиры **5** и **6** могут быть легко трансформированы в антрафуран-2-карбоновую кислоту **7**. Гидролиз этилового эфира **5** при нагревании со щелочью приводит к образованию кислоты **7** с выходом 90%. Расщепление *tert*-бутилового эфира **6** обработкой трифторуксусной кислотой в хлористом метиле также даёт кислоту **7** с высоким выходом (95%). Таким образом, антрафурандион-2-карбоновая кислота **7** была получена с близкими суммарными выходами при использовании для аннелирования фуранового ядра как *tert*-бутилового, так и этилового эфиров бромуксусной кислоты, а наиболее проблемной стадией в схеме её синтеза является гетероциклизация.



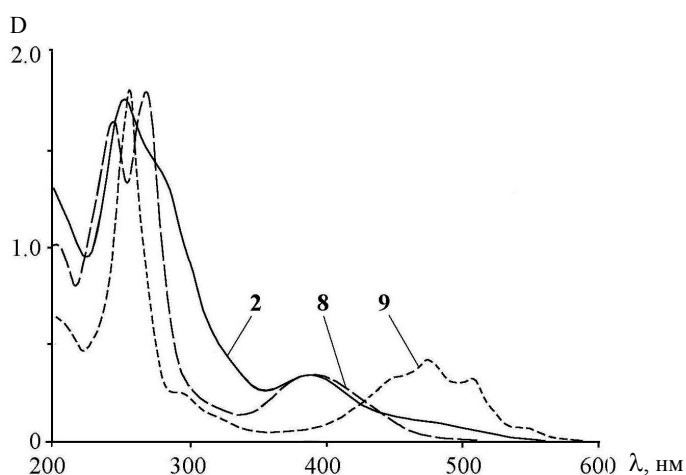
Хотя известно, что некоторые производные бензофуран-2-карбоновой (кумариловой) кислоты термически нестабильны и легко декарбоксилируются с образованием 2-незамещённых фуранов [13, 14], антрафуран-карбоновая кислота **7** оказалась термически относительно стабильной. Её декарбоксилирование удалось провести лишь при нагревании в хинолине в присутствии хромита меди [2], в результате чего был получен 4,11-диметоксиантра[2,3-*b*]фуран-5,10-дион (**8**) с удовлетворительным выходом. Следует отметить, что декарбоксилирование эффективно протекает при 150 °С, в то время как при повышении температуры выход соединения **8** существенно снижается, а ниже 140 °С декарбоксилирование кислоты **7** практически не происходит.



Как было показано ранее [2], алкоксигруппы антра[2,3-*b*]фуран-5,10-дионов эффективно дезалкилируются при нагревании с HBr в уксусной кислоте с образованием соответствующих гидроксипроизводных. Этим способом из 4,11-диметоксиантра[2,3-*b*]фуран-5,10-диона (**8**) получен целевой фуранохинизарин **9** с высоким выходом.

Строение всех синтезированных соединений подтверждено методами ЯМР и масс-спектрами высокого разрешения.

Поскольку производные антрахинона широко используются в химии красителей, представлялось интересным исследовать влияние заместителей на электронные спектры поглощения полученных хромофорных систем. Замещение галогена в антрахиноне **1** на гидроксигруппу приводит к батохромному смещению (на 30 нм) длинноволнового максимума поглощения в спектре альдегида **2** в область 390 нм и появлению у этой полосы длинного "хвоста" (до 550 нм), придающего соединению **2** оранжевую окраску (см. рисунок). Спектры 4,11-диметоксиантрафурандионов **5–8**, имеющих светло-жёлтую окраску, схожи и мало отличаются положением длинноволнового максимума поглощения от спектров ранее описанных 2-алкильных аналогов [2, 3]. Деметилирование метоксигрупп вызывает появление в длинноволновой области двух интенсивных максимумов и коротковолнового перегиба в спектре производного **9** (см. рисунок). Сравнение спектров ранее синтезированных 2-алкильных производных фуранохинизарина [2, 3] показывает, что введение алкильной группы в положение 2 фуранохинизарина **9** вызывает небольшое батохромное смещение длинноволновых полос (на 3 нм) и существенный рост их интенсивности, хотя, в целом, характер "двугорбого" поглощения сохраняется.



Электронные спектры поглощения производных соединений **2**, **8**, **9** в этаноле

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  зарегистрированы на спектрометре Varian VXR-400 (400 и 100 МГц соответственно), внутренний стандарт ТМС. Отнесения сигналов в спектрах ЯМР  $^{13}\text{C}$  проводили с помощью метода АРТ (Attached Proton Test). Масс-спектры высокого разрешения ESI зарегистрированы на спектрометре micrOTOF-Q II (Bruker Daltonics GmbH). Точность измерений 0.25–0.38 м. д. в интервале масс 118.08625–2721.89483. Растворы образцов (0.1 мг/мл) в смеси ацетонитрил–НСООН (2000:1) прямо вводили в ESI-источник. Положительно и отрицательно заряженные ионы детектировали в следующих условиях: напряжение на капилляре 4 кВ, давление азота в распылителе 0.4 бар, скорость потока осушающего газа 4 л/мин и температура источника 180 °С. Спектры поглощения записаны на спектрометре Hitachi-U2000. Контроль за ходом реакций и чистотой соединений проводили методом ТСХ на пластинках Silufol и Silica Gel 60 F<sub>254</sub> (Merck). Препаративную хроматографию соединений проводили на силикагеле марки Merck 60 и нейтральном оксиде алюминия марки Merck 90.

**2-Гидрокси-1,4-диметокси-3-формил-9,10-антрахинон (2).** Смесь 0.4 г (10 ммоль) NaH (60% суспензия в вазелиновом масле) и 1.4 г (11 ммоль) оксима бензальдегида в 20 мл ДМАА выдерживают при перемешивании при 30–35 °С в токе аргона 30 мин. Растворяют 1.0 г (3 ммоль) альдегида **1** [5] в 50 мл ДМАА, раствор охлаждают в ледяной бане и прибавляют по каплям к перемешиваемому раствору оксима при 0–5 °С. После внесения альдегида **1** реакцию смесь выдерживают при перемешивании при 30–40 °С 30 мин в атмосфере аргона. Реакционную массу охлаждают и осторожно при перемешивании выливают в смесь льда и 5 мл конц. HCl, экстрагируют этилацетатом, экстракт трижды промывают водой, сушат и упаривают в вакууме. Остаток перекристаллизовывают из толуола. Выход 0.8 г (77%), оранжевые кристаллы. Т. пл. 192–194 °С (разл.). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д.: 12.59 (1H, с, OH); 10.46 (1H, с, CHO); 8.20 (2H, м, H-5,8); 7.78 (2H, м, H-6,7); 4.12 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 4.07 (3H, с, OCH<sub>3</sub>). Найдено:  $m/z$ , 311.0577 [M–H]<sup>–</sup>. C<sub>21</sub>H<sub>17</sub>O<sub>6</sub>. Вычислено: 311.0561.

**Этиловый эфир 2-(1,4-диметокси-9,10-диоксо-2-илокси-3-формил-9,10-дигидроантрацен-2-илокси)уксусной кислоты (3).** К раствору 0.1 г (0.3 ммоль) гидроксиформилантрахинона **2** в 2.0 мл ДМАА прибавляют 0.2 мл (1.6 ммоль) этилового эфира бромуксусной кислоты, 0.7 г (5 ммоль) безводного поташа и 15 мг (0.1 ммоль) безводного иодида натрия. Полученную темно-красную смесь перемешивают 2.5 ч при 80 °С в токе аргона. Реакционную массу выливают в воду и при перемешивании осторожно нейтрализуют 10% раствором соляной кислоты, экстрагируют этилацетатом, экстракт трижды промывают водой, сушат и упаривают в вакууме. Остаток очищают хроматографически (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, толуол–эфир, 10:0→3:1). Выход 110 мг (86%), в виде оранжевого медленно кристаллизующегося масла. Т. пл. 82–84 °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 10.54 (1H, с, CHO); 8.16 (2H, м, H-5,8); 7.77 (2H, м, H-6,7); 4.97 (2H, с, CH<sub>2</sub>); 4.24 (2H, к,  $J = 7.1$ , CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>); 4.04 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 3.99 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 1.28 (3H, т,  $J = 7.1$ , CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>). Найдено:  $m/z$ , 399.1055 [M+H]<sup>+</sup>. C<sub>21</sub>H<sub>19</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено: 399.1074.

**трет-Бутиловый эфир 2-(1,4-диметокси-9,10-диоксо-2-илокси-3-формил-9,10-дигидроантрацен-2-илокси)уксусной кислоты (4)** синтезируют из 2-гидрокси-1,4-диметокси-3-формилантрахинона (**2**) и трет-бутилового эфира 2-бромуксусной кислоты аналогично соединению **3**. Выход 89%, оранжевое медленно кристаллизующееся масло. Т. пл. 65–67 °С (разл.). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д.: 10.53 (1H, с, CHO); 8.17 (2H, м, H-5,8); 7.75 (2H, м, H-6,7); 4.84 (2H, с, CH<sub>2</sub>); 4.02 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 3.96 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 1.44 (9H, с, C(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>). Найдено:  $m/z$ , 427.1343 [M+H]<sup>+</sup>. C<sub>23</sub>H<sub>23</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено: 427.1387.

**Этиловый эфир 4,11-диметокси-5,10-диоксо-5,10-дигидроантра[2,3 b]фуран-2-карбоновой кислоты (5).** К раствору 0.1 г (0.25 ммоль) этилового эфира **3** в

5 мл толуола прибавляют 0.4 мл (0.5 ммоль) 1,8-дiazобихло[5.4.0]ундец-7-ена и кипятят смесь в токе аргона 1 ч. Реакционную смесь охлаждают, разбавляют этилацетатом и промывают 5% раствором соляной кислоты, водой, сушат и упаривают в вакууме. Остаток очищают хроматографически ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , толуол–эфир, 10:0→3:1) и перекристаллизовывают из гексана. Выход 32 мг (34%), жёлтые кристаллы. Т. пл. 190–192 °С (разл.). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 8.19 (2H, м, H-6,9); 7.77 (1H, с, H-3); 7.72 (2H, м, H-7,8); 4.97 (2H, с,  $\text{CH}_2$ ); 4.47 (2H, к,  $J = 7.1$ ,  $\text{CH}_2\text{CH}_3$ ); 4.32 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.17 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 1.46 (3H, т,  $J = 7.1$ ,  $\text{CH}_2\text{CH}_3$ ). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 182.9 (C=O); 182.5 (C=O); 158.2 (O–C=O); 152.1\*; 151.3; 148.1; 143.7; 134.5; 134.3; 133.5 (2CH); 127.7; 126.5 (2CH); 124.2; 121.4; 112.4 (CH); 62.4 ( $\text{OCH}_3$ ); 62.1 ( $\text{OCH}_3$ ); 62.1 ( $\text{CH}_2$ ); 14.2 ( $\text{CH}_3$ ). Найдено:  $m/z$ , 381.0996  $[\text{M}+\text{H}]^+$ .  $\text{C}_{21}\text{H}_{17}\text{O}_7$ . Вычислено: 381.0969.

**трет-Бутиловый эфир 4,11-диметокси-5,10-диоксо-5,10-дигидроантра[2,3-*b*]фуран-2-карбоновой кислоты (6)** синтезируют из трет-бутилового эфира **4**, аналогично соединению **5**. Выход 37%, жёлтые кристаллы. Т. пл. 120–122 °С (разл.). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 8.20 (2H, м, H-6,9); 7.74 (2H, м, H-7,8); 7.64 (1H, с, H-3); 4.32 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.14 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 1.63 (9H, м,  $\text{C}(\text{CH}_3)_3$ ). Найдено:  $m/z$ , 409.1303  $[\text{M}+\text{H}]^+$ .  $\text{C}_{23}\text{H}_{21}\text{O}_7$ . Вычислено: 409.1282.

#### **4,11-Диметокси-5,10-диоксоантра[2,3-*b*]фуран-2-карбоновая кислота (7).**

А. К раствору 0.1 г (0.26 ммоль) этилового эфира **5** в 10 мл ТГФ прибавляют раствор 0.2 г (5 ммоль)  $\text{NaOH}$  в смеси 5 мл  $\text{MeOH}$  и 5 мл воды, перемешивают 1.5 ч при 40–50 °С. Реакционную массу выливают в воду и нейтрализуют 5% раствором  $\text{HCl}$ , экстрагируют тёплым этилацетатом, экстракт промывают водой, сушат и упаривают. Остаток перекристаллизовывают из  $\text{CHCl}_3$ . Выход 83 мг (90%), жёлтые кристаллы. Т. пл. > 280 °С (разл.).

Б. К раствору 0.35 г (0.86 ммоль) трет-бутилового эфира **6** в 20 мл  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  прибавляют 2.0 мл трифторуксусной кислоты и выдерживают смесь 12 ч при комнатной температуре. Реакционную смесь упаривают, остаток перекристаллизовывают из  $\text{CHCl}_3$ . Выход 0.3 г (95%), жёлтые кристаллы. Т. пл. > 280 °С (разл.).

Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{DMCO-d}_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 8.04 (2H, м, H-6,9); 7.95 (1H, с, H-3); 7.79 (2H, м, H-7,8); 4.08 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.06 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\text{DMCO-d}_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 182.1 (C=O); 181.6 (C=O); 159.2 (O–C=O); 152.1; 151.3; 148.7; 142.4; 134.0; 133.9 (CH); 133.7 (CH); 126.7; 126.1 (CH); 126.0 (CH); 124.0; 120.2; 112.7 (CH); 61.8 ( $\text{OCH}_3$ ); 61.7 ( $\text{OCH}_3$ ). Найдено:  $m/z$ , 375.0461  $[\text{M}+\text{Na}]^+$ .  $\text{C}_{19}\text{H}_{12}\text{NaO}_7$ . Вычислено: 375.0481.

**4,11-Диметоксиантра[2,3-*b*]фуран-5,10-дион (8).** Растворяют 0.21 г (0.6 ммоль) 4,11-диметокси-5,10-диоксоантра[2,3-*b*]фуран-2-карбоновой кислоты (**7**) в 5 мл хинолина, прибавляют 0.2 г (1.1 ммоль) хромита меди и перемешивают смесь при 150 °С в токе аргона 2 ч. Реакционную массу выливают в воду, прибавляют 5%  $\text{HCl}$  до слабокислой реакции и экстрагируют продукт этилацетатом. Экстракт дважды промывают водой, сушат и упаривают. Остаток очищают хроматографически ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , толуол – петролейный эфир, 9:1) и кристаллизуют продукт из *n*-гексана. Выход 94 мг (51%), жёлтые кристаллы. Т. пл. 148–150 °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 8.19 (2H, м, H-6,9); 7.78 (1H, д,  $J = 2.2$ , H-2); 7.69 (2H, м, H-7,8); 7.08 (1H, д,  $J = 2.2$ , H-3); 4.25 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ); 4.11 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 183.3 (C=O); 183.0 (C=O); 151.4; 151.0 (CH); 147.8; 143.7; 134.6; 134.4; 133.3 (2CH); 128.6; 126.5 (2CH); 122.2; 121.3; 106.3 (CH); 62.0 ( $\text{OCH}_3$ ); 61.9 ( $\text{OCH}_3$ ). Найдено:  $m/z$ , 309.0729  $[\text{M}+\text{H}]^+$ .  $\text{C}_{18}\text{H}_{13}\text{O}_5$ . Вычислено: 309.0757.

**4,11-Дигидроксиантра[2,3-*b*]фуран-5,10-дион (9).** К раствору 30 мг (0.01 ммоль) 4,11-диметоксиантра[2,3-*b*]фуран-5,10-диона (**8**) в 3.0 мл уксусной кислоты

\* Здесь и далее в спектрах ЯМР  $^{13}\text{C}$  все сигналы без отнесений принадлежат четвертичным атомам углерода.

прибавляют 2.0 мл 10% раствора НВг в ледяной уксусной кислоте. Смесь перемешивают 1 ч в токе аргона при 50–65 °С. По мере протекания реакции выпадает красный хлопьевидный осадок продукта. Реакционную смесь охлаждают, выпавший осадок отфильтровывают, промывают ледяной уксусной кислотой, водой и сушат. Выход 24 мг (88%), красные кристаллы. Т. пл. > 260 °С (возг.). Спектр ЯМР <sup>1</sup>Н (ДМСО-d<sub>6</sub>, 70 °С), δ, м. д. (J, Гц): 8.32 (1Н, д, J = 2.0, Н-2); 8.30 (2Н, м, Н-7,8); 7.95 (2Н, м, Н-6,9); 7.27 (1Н, д, J=2.0, Н-3). Найдено: m/z, 279.0313 [M–H]<sup>–</sup>. С<sub>16</sub>Н<sub>7</sub>О<sub>5</sub>. Вычислено: 279.0299.

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов Президента РФ МД-242.2010.4, НШ-5290.2010.4.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. Н. Никитина, А. Е. Щекотихин, Ю. Н. Лузиков, А. М. Королев, В. Н. Буянов, М. Н. Преображенская, *ХГС*, 245 (2011). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **47**, 245 (2011)].
2. А. Е. Щекотихин, Е. К. Шевцова, В. Ф. Травень, *ЖОрХ*, **43**, 1687 (2007).
3. А. Е. Щекотихин, Ю. Н. Лузиков, В. Н. Буянов, М. Н. Преображенская, *ХГС*, 191 (2009). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **45**, 191 (2009)].
4. А. Е. Shchekotikhin, V. A. Glazunova, L. G. Dezhenkova, E. K. Shevtsova, V. F. Traven', J. Balzarini, H.-S. Huang, A. A. Shtil, M. N. Preobrazhenskaya, *J. Eur. Med. Chem.*, **46**, 423 (2011).
5. А. Е. Щекотихин, Ю. Н. Лузиков, В. Н. Буянов, М. Н. Преображенская, *ХГС*, 538 (2007). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **43**, 538 (2007)].
6. M. J. Miller, G. M. Loudon, *J. Org. Chem.*, **40**, 126 (1975).
7. M. R. Snyder, *J. Org. Chem.*, **39**, 3343 (1974).
8. Дж. Джоуль, К. Милс, *Химия гетероциклических соединений*, под ред. М. А. Юровской, Химия, Москва, 2004, с. 563.
9. P. Emmott, R. Livingstone, *J. Chem. Soc.*, 3144, (1957).
10. J. A. Marshall, R. E. Conrow, *J. Am. Chem. Soc.*, **105**, 5679 (1983).
11. R. B. Gammill, S. A. Nash, *J. Org. Chem.*, **51**, 3116 (1986).
12. G. Lamotte, P. Demerseman, R. Royer, *Synthesis*, 1068 (1984).
13. W. R. Boehme, *Org. Synth.*, **33**, 43 (1953).
14. T. Horaguchi, S. Matsuda, T. Suzuki, *J. Heterocycl. Chem.*, **24**, 965 (1987).

Научно-исследовательский институт  
по изысканию новых антибиотиков  
им. Г. Ф. Гаузе РАМН,  
ул. Б. Пироговская, 11, Москва 119021, Россия  
e-mail: shchekotikhin@mail.ru

Поступило 18.05.2011

<sup>a</sup>Российский химико-технологический университет  
им. Д. И. Менделеева,  
Миусская пл., 9, Москва 125047, Россия