

А. Е. Щекотихин, Ю. Н. Лузиков, В. Н. Буянов<sup>а</sup>,  
М. Н. Преображенская

## ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ АНАЛОГИ 5,12-НАФТАЦЕНХИНОНА

### 4\*. СИНТЕЗ 4,11-ДИМЕТОКСИАНТРА[2,3-*d*]ИЗОКСАЗОЛ-5,10-ДИОНА

Разработан препаративный метод синтеза 2-формил-3-хлор-1,4-диметоксиантрахинона из доступного 2-метилхинизарина. Конденсацией полученного *o*-хлоральдегида с оксимом ацетона синтезирован 4,11-диметоксиантра[2,3-*d*]изоксазол-5,10-дион.

**Ключевые слова:** 4,11-диметоксиантра[2,3-*d*]изоксазол-5,10-дион, 1,4-диметокси-3-хлорантрацен-9,10-дион-2-карбальдегид, оксим ацетона, нуклеофильное ароматическое замещение, трансоксимирование.

Ранее нами были синтезированы гетероциклические аналоги 5,12-нафтаценхинона, содержащие метоксигруппы в  $\alpha$ -положениях антрахинонового ядра [2, 3]. Подобные метоксипроизводные имеют важное синтетическое значение, поскольку использование реакций деметилирования метоксигрупп позволяет синтезировать гидроксилсодержащие аналоги нафтаценхинона [4], многие из которых обладают высокой биологической активностью [5]. Кроме того, такие метоксипроизводные могут иметь интересные фотохимические свойства, например большой Stokes сдвиг, как было показано на примере 4,11-диметоксиантра[2,3-*f*]индазол-5,10-диона и его производных [6]. Некоторые производные индоксазина (бензизоксазола) используются в качестве лекарственных средств [7], поэтому синтез изоксазольных аналогов 5,12-нафтаценхинона представляет интерес. Данная работа посвящена разработке метода синтеза 4,11-диметоксиантра[2,3-*d*]изоксазол-5,10-диона, производные которого до настоящего времени не были получены.

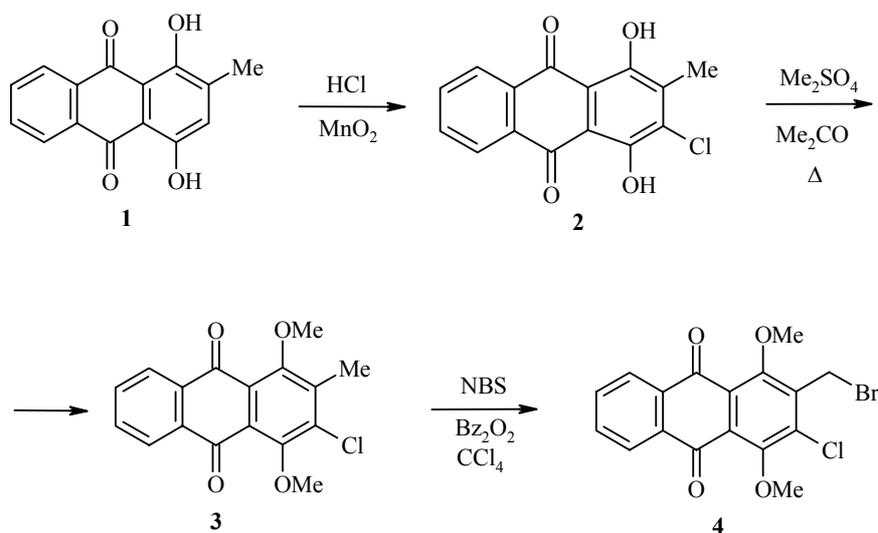
Синтез индоксазинов (бензизоксазолов) чаще всего проводят циклизацией в основной среде оксимов ароматических карбонильных соединений, содержащих в *ortho*-положении уходящие группы (например галогены) [8–10]. Для синтеза 3-незамещенных индоксазинов этот метод оказался непригоден из-за их нестабильности в основных условиях циклизации [11]. Вследствие этого такие индоксазины синтезируют из салициловых альдегидов [12]. Однако для получения 4,11-диметоксиантра[2,3-*d*]изоксазол-5,10-диона этот метод оказывается малопригодным ввиду труднодоступности соответствующего *o*-гидроксибензальдегида. Поэтому для

\* Сообщение 3 см. [1].

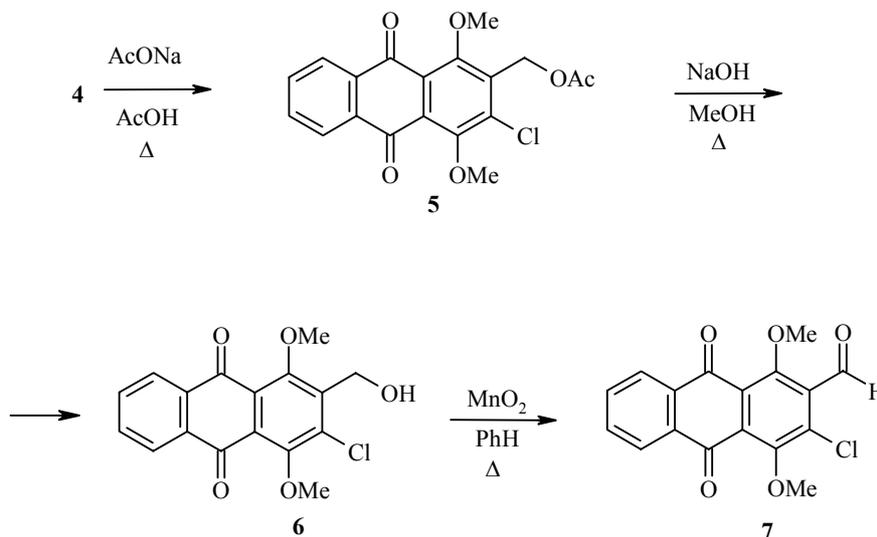
синтеза целевого соединения мы изучили возможности метода, основанного на использовании "защищенного гидроксиламина" – оксима ацетона. Анион, получаемый из оксима ацетона, способен преимущественно атаковать галогены в *o*-галогенкарбонильных соединениях, а образующиеся *O*-арилоксимы ацетона, в результате последующего внутримолекулярного трансоксимирования превращаются при гидролизе в производные бенз-оизоксазола [13].

Первым этапом реализации этого подхода для синтеза 4,11-диметоксиантра[2,3-*d*]изоксазол-5,10-диона явилась разработка метода получения ключевого соединения – 1,4-диметокси-2-формил-3-хлорантрахинона. Для его синтеза мы планировали применить метод, использованный для получения 1,4-диметокси-2-формилантрахинона, основанный на гидролизе соответствующего геминального дигалогенида [14].

В качестве исходного соединения мы выбрали доступный 2-метилхинизарин **1**, синтезируемый по реакции Фриделя–Крафтса [15]. Хлорированием антрахинона **1** по методу, предложенному Гореликом для хлорирования хинизарина [16], мы получили 2-метил-3-хлорхинизарин **2** с выходом 81%. Метилирование гидроксигрупп в производном **2** диметилсульфатом в ацетоне в присутствии поташа приводит к образованию диметоксипроизводного **3** с выходом 57%. В отличие от 1,4-диметокси-2-метилантрахинона, при бромировании которого избытком *N*-бромсукцинимидом (NBS) в присутствии пероксида бензоила образуется дибромметильное производное [14], реакция бромирования соединения **3** останавливается на монобромметильном производном **4** даже при многократном избытке *N*-бромсукцинимидом, что объясняется, по-видимому, стерическими трудностями.

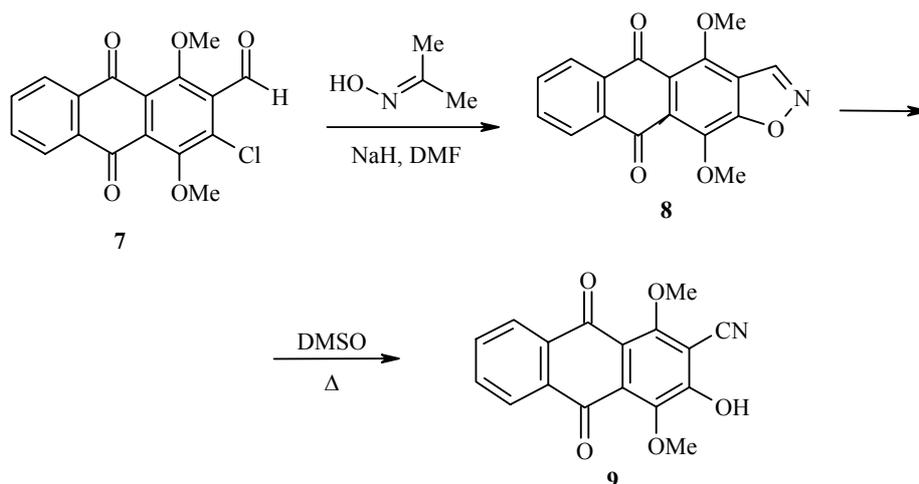


Замещение брома в соединении **4** при действии ацетата и последующий гидролиз образовавшегося эфира **5** приводят с высоким выходом к карбинолу **6**. Окислением карбинола **6** кипячением с  $\text{MnO}_2$  в бензоле получен ключевой для анелирования изоксазольного ядра *o*-галогенальдегид **7**.



Следует отметить некоторые особенности спектров поглощения синтезированных антрахинонов. Электронный спектр поглощения (ЭСП) 2-метил-3-хлорхинизарина **2** практически совпадает со спектром хинизарина, отличаясь незначительным батохромным смещением (на 3–4 нм) длинноволновых полос поглощения. В противоположность этому сопоставление положения длинноволновых максимумов в спектрах поглощения 1,4-диметоксиантрахинона ( $\lambda_{\text{max}}$  428 нм) и его производных **3–8** показывает значительное (на 60–65 нм) гипсохромное смещение максимумов поглощения для тетразамещенных антрахинонов **3–8**, и таким образом положение длинноволновых полос поглощения этих соединений практически совпадает с полосой поглощения монозамещенного 1-метоксиантрахинона. Это является свидетельством значительного стерического влияния заместителей в  $\beta$ -положениях антрахинонов **3–8**, приводящего к отклонению одной из метоксигрупп от плоскости молекулы и выводу ее из сопряжения. Подобные наблюдения были сделаны ранее для ЭСП 1,2-дизамещенных антрахинонов [17].

Арилирование аниона оксима ацетона *o*-хлоральдегидом **7** протекает в мягких условиях в ДМФА при 0–5 °С и сопровождается внутримолекулярным трансоксимированием, в результате чего быстро образуется целевой 4,11-диметоксиантра[2,3-*d*]изоксазол-5,10-дион (**8**), а соответствующего промежуточного *O*-арилоксиа ацетона обнаружить не удалось.



Полученный антраизоксазол **8** оказался неустойчивым в условиях синтеза, и при увеличении температуры или продолжительности реакции наблюдается значительное снижение выхода целевого соединения, что согласуется с литературными данными об общей неустойчивости 3-незамещенных изоксазолов к действию нуклеофилов и оснований [18]. Как и в случае других индоксазинов, не имеющих заместителя в положении 3 [19], нафтоиндоксазин **8** в присутствии оснований (например, NaOH или  $\text{NEt}_3$ ) изомеризуется в *o*-гидроксибензнитрил **9**. Однако такая изомеризация может происходить и в отсутствие оснований: при нагревании в ДМСО антраизоксазол **8** практически количественно изомеризуется в соответствующий *o*-гидроксибензнитрил **9**, что можно использовать для препаративного синтеза этого соединения.

Анелирование изоксазольного ядра и 1,4-диметоксиантрахинона приводит к bathochromному смещению длинноволновой полосы поглощения в спектре антраизоксазола **8** ( $\lambda_{\text{max}}$  389 нм) по сравнению со спектром исходного альдегида **7**. Сопоставление спектров поглощения синтезированного антраизоксазола **8** и 1,4-диметоксиантрахинона показывает существенное акцепторное влияние изоксазольного цикла, приводящее к гипсохромному смещению длинноволнового максимума поглощения на 40 нм. Изомеризация антраизоксазола **8** в нитрил **9** ведет к значительному bathochromному смещению длинноволнового максимума ( $\lambda_{\text{max}}$  450 нм) и снижению его интенсивности.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  записаны на спектрометре Varian VXR-400 (400 и 100 МГц соответственно) в  $\text{CDCl}_3$  (соединения **2–8**) и  $\text{DMSO-d}_6$  (соединение **9**), внутренний стандарт TMC. Масс-спектры зарегистрированы на хромато-масс-спектрометре SSQ 710 фирмы Finnigan-MAT, USA, энергия ионизирующего напряжения 70 эВ, прямой ввод образца в ионный источник, нагрев образца до 350 °С, температура ионизационной камеры 150 °С. Спектры поглощения записаны на спектрометре Hitachi-U2000. Контроль за ходом реакций и чистотой соединений проводился методом ТСХ на пластинах Silufol UV-254. Препаративную хроматографию соединений проводили на силикагеле марки Merck 60.

**1,4-Дигидрокси-2-метил-3-хлорантрацен-9,10-дион (2).** Растворяют при нагревании 5.0 г (20.0 ммоль) 2-метилхинизарина **1** в 300 мл ледяной уксусной кислоты, прибавляют 30 мл раствора конц. HCl и при перемешивании к кипящей смеси добавляют небольшими порциями 3.2 г (40.0 ммоль) MnO<sub>2</sub>. Кипятят смесь 30 мин, охлаждают и выливают реакционную массу в 1.0 л воды. Отфильтровывают осадок, промывают водой, сушат и перекристаллизовывают из толуола. Получают 4.6 г (81%) блестящих красных кристаллов. Т. пл. > 250 °С (возг.). УФ спектр (EtOH), λ<sub>max</sub>, нм (lg ε): 205 (4.3), (231), 252 (4.5), 292 (3.9), 325 (3.5), (460), 471 (3.8), 482 (3.9), 504 (3.8), 515 (3.7). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м. д.: 13.64 (1H, с, OH); 13.47 (1H, с, OH); 8.34 (2H, м, H-5,8); 7.85 (2H, м, H-6,7); 2.46 (3H, с, CH<sub>3</sub>). Масс-спектр, *m/z* (*I*<sub>отн.</sub>, %): 288 [M]<sup>+</sup> (100), 253 (14), 225 (84). Найдено, %: C 62.12; H 3.23. C<sub>15</sub>H<sub>9</sub>ClO<sub>4</sub>. Вычислено, %: C 62.41; H 3.14.

**1,4-Диметокси-2-метил-3-хлорантрацен-9,10-дион (3).** Смесь, содержащую 3.5 г (12.1 ммоль) 2-метил-3-хлорхинизарина **2**, 15.2 г (110 ммоль) прокаленного поташа и 10.0 мл (100 ммоль) свежеперегнанного диметилсульфата в 0.5 л сухого ацетона, кипятят при интенсивном перемешивании 40 ч в токе аргона, затем реакционную массу фильтруют, фильтрат упаривают в вакууме, осадок промывают метанолом, сушат и очищают хромато-графически (силикагель, бензол–AcOEt, 10 : 1 → 4 : 1). Получают 2.2 г (57%) соединения **3** в виде кристаллов светло-желтого цвета. Т. пл. 178–180 °С (из бензола). УФ спектр (EtOH), λ<sub>max</sub>, нм (lg ε): 210 (4.2), 258 (4.4), (274), 361 (3.7). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м. д.: 8.18 (2H, м, H-5,8); 7.76 (2H, м, H-6,7); 4.01 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 3.92 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 2.50 (3H, с, CH<sub>3</sub>). Масс-спектр, *m/z* (*I*<sub>отн.</sub>, %): 316 [M]<sup>+</sup> (100), 299 (22), 287 (44), 269 (28). Найдено, %: C 64.54; H 4.25. C<sub>17</sub>H<sub>13</sub>ClO<sub>4</sub>. Вычислено, %: C 64.47; H 4.14.

**2-Бромметил-1,4-диметокси-3-хлорантрацен-9,10-дион (4).** Смесь 2.0 г (6.3 ммоль) антрахинона **3**, 1.7 г (9.4 ммоль) N-бромсукцинимиды, 0.24 г (1.0 ммоль) пероксида бензоила в 100 мл CCl<sub>4</sub> кипятят при перемешивании 5 ч. Реакционную массу охлаждают, фильтруют, промывают осадок хлороформом. Фильтрат упаривают в вакууме, остаток перекристаллизовывают из толуола. Получают 2.1 г (84%) бромметильного производного **4** в виде кристаллов светло-желтого цвета. Т. пл. 162–164 °С. УФ спектр (EtOH), λ<sub>max</sub>, нм (lg ε): 215 (4.3), 256 (4.4), (274), 362 (3.6). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м. д.: 8.18 (2H, м, H-5,8); 7.77 (2H, м, H-6,7); 4.77 (2H, с, CH<sub>2</sub>Br); 4.09 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 4.03 (3H, с, OCH<sub>3</sub>). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C, δ, м. д.: 181.90 (C=O); 181.63 (C=O); 155.86\*; 152.89; 139.03; 138.20; 133.62; 133.54; 128.22; 125.24; 133.86 (CH); 133.83 (CH); 126.60 (CH); 126.55 (CH); 123.67 (CH<sub>2</sub>); 63.23 (CH<sub>3</sub>); 61.85 (CH<sub>3</sub>). Масс-спектр, *m/z* (*I*<sub>отн.</sub>, %): 396 [M]<sup>+</sup> (100), 315 (62), 285 (26), 257 (22). Найдено, %: C 51.45; H 3.14. C<sub>17</sub>H<sub>12</sub>BrClO<sub>4</sub>. Вычислено, %: C 51.61; H 3.06.

**2-Ацетоксиметил-1,4-диметокси-3-хлорантрацен-9,10-дион (5).** К горячему раствору 2.0 г (5.1 ммоль) бромметильного производного **4** в 100 мл ледяной уксусной кислоты прибавляют при перемешивании 4.0 г (50 ммоль) ацетата натрия, кипятят 1 ч, охлаждают и выливают в 300 мл воды. Отфильтровывают осадок, промывают водой, сушат и перекристаллизовывают из толуола. Получают 1.6 г (85%) светло-желтых кристаллов эфира **5**. Т. пл. 174–176 °С. УФ спектр (EtOH), λ<sub>max</sub>, нм (lg ε): 217 (4.3), 256 (4.4), (273), 361 (3.7). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (в CDCl<sub>3</sub>), δ, м. д.: 8.16 (2H, м, H-5,8); 7.78 (2H, м, H-6,7); 5.38 (2H, с, CH<sub>2</sub>O); 4.04 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 3.98 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 2.12 (3H, с, OAc). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C, δ, м. д.: 181.99 (C=O); 181.72 (C=O); 170.37 (C=O); 156.73; 152.80; 139.32; 136.52; 133.69; 133.52; 128.72; 125.40; 133.88 (CH); 133.79 (CH); 126.59 (CH); 126.54 (CH); 58.43 (CH<sub>2</sub>); 63.61 (CH<sub>3</sub>); 61.83 (CH<sub>3</sub>); 20.65 (CH<sub>3</sub>). Масс-спектр, *m/z* (*I*<sub>отн.</sub>, %): 374 [M]<sup>+</sup> (67), 344 (22), 332 (58), 314 (100), 302 (81), 285 (57). Найдено, %: C 60.97; H 4.21. C<sub>19</sub>H<sub>15</sub>ClO<sub>6</sub>. Вычислено, %: C 60.89; H 4.03.

**2-Гидроксиметил-1,4-диметокси-3-хлорантрацен-9,10-дион (6).** Растворяют при нагревании 1.5 г (4.0 ммоль) ацетата **5** в 30 мл ТГФ, прибавляют 20 мл MeOH и при перемешивании к кипящей смеси приливают 5.0 мл 20% раствора NaOH. Кипятят смесь 30 мин, охлаждают и выливают в смесь 100 мл воды, 100 г льда и 5.0 мл конц. HCl. Отфильтровывают осадок, промывают водой, сушат и перекристаллизовывают из толуола. Получают 1.1 г (85%) карбинола **6** в виде кристаллов желтого цвета. Т. пл. 160–162 °С. УФ спектр (EtOH), λ<sub>max</sub>, нм (lg ε): 215 (4.2), 258 (4.4), (274), 365 (3.6). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м. д.: 8.18 (2H, м, H-5,8); 7.75 (2H, м, H-6,7); 4.95 (2H, с, CH<sub>2</sub>O); 4.01 (3H, с, OCH<sub>3</sub>);

\* Здесь и далее все сигналы без отнесений принадлежат четвертичным атомам углерода.

3.99 (3H, c, OCH<sub>3</sub>). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C, δ, м. д.: 181.90, (C=O); 181.85 (C=O); 156.07, 152.88, 141.03, 137.92, 133.65, 133.51, 127.86, 125.41, 133.78 (CH), 133.74 (CH), 126.56 (CH), 126.52 (CH), 57.73 (CH<sub>2</sub>), 63.47 (CH<sub>3</sub>), 61.73 (CH<sub>3</sub>). Масс-спектр, *m/z* (*I*<sub>отн.</sub>, %): 332 [M]<sup>+</sup> (100), 317 (77), 302 (48), 273 (66), 257 (62). Найдено, %: C 61.30; H 3.77. C<sub>17</sub>H<sub>13</sub>ClO<sub>5</sub>. Вычислено, %: C 61.37; H 3.94.

**1,4-Диметокси-3-хлорантрацен-9,10-дион-2-карбальдегид (7).** Растворяют при нагревании 1.0 г (4.5 ммоль) карбинола **6** в 100 мл бензола, прибавляют при перемешивании 8.7 г (100 ммоль) MnO<sub>2</sub> и кипятят 1 ч. Горячую смесь фильтруют, осадок промывают горячим AcOEt. Фильтрат упаривают в вакууме, остаток перекристаллизовывают из толуола. Получают 0.73 г (73%) альдегида **7** в виде кристаллов светло-желтого цвета. Т. пл. 210–212 °С. УФ спектр (EtOH), λ<sub>max</sub>, нм (lg ε): 220 (4.3), 256 (4.4), (271), 365 (3.6). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м. д.: 10.46 (1H, c, CHO); 8.19 (2H, м, H-5,8); 7.82 (2H, м, H-6,7); 4.04 (6H, c, 2OCH<sub>3</sub>). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C, δ, м. д.: 181.75 (C=O); 181.24 (C=O); 157.85; 153.16; 136.88; 135.07; 133.68; 133.50; 130.84; 126.19; 188.48 (CHO); 134.14 (CH); 134.03 (CH); 126.71 (CH); 126.68 (CH); 64.72 (CH<sub>3</sub>); 62.13 (CH<sub>3</sub>). Масс-спектр, *m/z* (*I*<sub>отн.</sub>, %): 330 [M]<sup>+</sup> (100), 313 [M–OH]<sup>+</sup> (16), 283 (21), 273 (24). Найдено, %: C 61.71; H 3.39. C<sub>17</sub>H<sub>11</sub>ClO<sub>5</sub>. Вычислено, %: C 61.74; H 3.35.

**4,11-Диметоксиантра[2,3-*d*]изоксазол-5,10-дион (8).** К раствору 0.35 г (4.5 ммоль) оксима ацетона в 30 мл безводного ДМФА при перемешивании в токе аргона прибавляют 0.16 г (4.0 ммоль) суспензии (60%) NaH в минеральном масле и выдерживают 20 мин при 50 °С. Смесь охлаждают до 0 °С (лед-NaCl) и при интенсивном перемешивании быстро прибавляют охлажденный раствор 0.50 г (1.5 ммоль) альдегида **7** в 30 мл безводного ДМФА. Реакционную массу перемешивают 5 мин и выливают в смесь 100 мл воды, 200 г льда и 2.0 мл конц. HCl. Продукт реакции экстрагируют этилацетатом (3 × 40 мл), экстракт промывают водой, 1% раствором NaOH (2 × 20 мл), водой, сушат MgSO<sub>4</sub>, упаривают в вакууме. Остаток перекристаллизовывают из толуола, получают 0.31 г (67%) изоксазола **8** в виде кристаллов желтого цвета. Т. пл. 170–172 °С. УФ спектр (EtOH), λ<sub>max</sub>, нм (lg ε): 225 (4.2), 249 (4.4), (287), 389 (3.8). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м. д.: 9.05 (1H, c, CH); 8.22 (2H, м, H-6,9); 7.78 (2H, м, H-7,8); 4.36 (3H, c, OCH<sub>3</sub>); 4.27 (3H, c, OCH<sub>3</sub>). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C, δ, м. д.: 181.90 (C=O); 181.63 (C=O); 158.70; 151.54; 150.04; 140.99; 134.34; 133.85; 125.96; 120.23; 145.65 (CH); 133.73 (CH); 133.52 (CH); 126.62 (CH); 126.55 (CH); 62.27 (CH<sub>3</sub>); 61.85 (CH<sub>3</sub>). Масс-спектр, *m/z* (*I*<sub>отн.</sub>, %): 309 [M]<sup>+</sup> (100), 294 [M–CH<sub>3</sub>]<sup>+</sup> (21), 280 (19), 264 (18), 236 (10). Найдено, %: C 66.23; H 3.77; N 4.76. C<sub>17</sub>H<sub>11</sub>NO<sub>5</sub>. Вычислено, %: C 66.02; H 3.58; N 4.53.

**3-Гидрокси-1,4-диметоксиантрацен-9,10-дион-2-карбонитрил (9).** Суспензию 100 мг (1.2 ммоль) изоксазола **8** в 5.0 мл ДМСО перемешивают при нагревании при 80–90 °С до полного растворения (около 10 мин). Раствор охлаждают и выливают при перемешивании в 50 мл воды. Отфильтровывают осадок, промывают водой и сушат. Получают 94 мг (94%) нитрила **9** в виде аморфного порошка коричневого цвета. Т. пл. > 250 °С (разл.). УФ спектр (EtOH), λ<sub>max</sub>, нм (lg ε): 202 (4.3), 253 (4.4), (272), 317 (4.0), 347 (3.7), 451 (3.6). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м. д.: 8.07 (2H, м, H-5,8); 7.85 (2H, м, H-6,7); 3.95 (3H, c, OCH<sub>3</sub>); 3.81 (3H, c, OCH<sub>3</sub>). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C, δ, м. д.: 182.03 (C=O); 179.55 (C=O); 161.17; 159.81; 145.16; 133.58; 133.43; 129.48; 117.41; 112.93; 101.54; 133.21 (CH); 133.70 (CH); 126.20 (CH); 126.14 (CH); 62.58 (CH<sub>3</sub>); 61.72 (CH<sub>3</sub>). Масс-спектр, *m/z* (*I*<sub>отн.</sub>, %): 309 [M]<sup>+</sup> (100), 282 [M–HCN]<sup>+</sup> (18), 264 (26), 236 (20). Найдено, %: C 66.12; H 3.54; N 4.65. C<sub>17</sub>H<sub>11</sub>NO<sub>5</sub>. Вычислено, %: C 66.02; H 3.58; N 4.53.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. Е. Щекотихин, Ю. Н. Лузиков, В. Н. Буянов, М. Н. Преображенская, *ХГС*, 854 (2006).
2. А. Е. Щекотихин, В. Н. Буянов, К. Ф. Турчин, Е. П. Баберкина, Г. В. Авраменко, Н. Н. Суворов, *ХГС*, 1050 (1996). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **32**, 902 (1996)].
3. А. Е. Щекотихин, Д. А. Силаев, Е. П. Баберкина, И. Г. Макаров, В. Н. Буянов, Н. Н. Суворов, *ХГС*, 623 (2002). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **38**, 543 (2002)].
4. А. Е. Щекотихин, Е. П. Баберкина, В. Н. Буянов, К. Ф. Турчин, Н. Н. Суворов, *ХГС*, 1030 (2001). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **37**, 944 (2001)].

5. A. E. Shchekotikhin, A. A. Shtil, Y. N. Luzikov, T. V. Bobrysheva, V. N. Buyanov, M. N. Preobrazhenskaya, *Bioorg. Med. Chem.*, **13**, 2285 (2005).
6. А. Е. Щекотихин, Ю. Н. Лузиков, О. С. Анисимова, В. Н. Буянов, М. Н. Преображенская, *ХГС*, 691 (2006). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **42**, 605 (2006)].
7. J. T. Strupczewski, R. C. Allen, B. A. Gardner, B. L. Schmid, U. Stache, E. J. Glamkowski, M. C. Jones, D. B. Ellis, E. P. Hyger, A. W. Dunn, *J. Med. Chem.*, **28**, 763 (1985).
8. J. J. Plattner, Y. C. Martin, J. R. Smital, C.-M. Lee, A. K. L. Fony, B. W. Horrom, S. R. Crowley, A. J. Pernet, P. R. Bunnell, K. H. Kim, *J. Med. Chem.*, **28**, 79 (1985).
9. A. Colombo, J. Frigola, J. Pares, B. Andaluz, *J. Heterocycl. Chem.*, **27**, 615 (1990).
10. T. Yamamori, I. Adachi, *Tetrahedron Lett.*, **21**, 1747 (1980).
11. K. -H. Wunsch, A. J. Boulton, *Adv. Heterocycl. Chem.*, **8**, 280 (1967).
12. H. Lindemann, W. Picker, *Liebigs Ann. Chem.*, **456**, 275 (1926).
13. G. M. Shutske, *J. Org. Chem.*, **49**, 180 (1984).
14. J. L. Roberts, P. S. Rudlede, M. J. Trebilcock, *J. Aust. Chem.*, **30**, 1553 (1977).
15. F. Suzuki, S. Trenbeath, R. J. Gleim, C. J. Sih, *J. Org. Chem.*, **43**, 4159 (1978).
16. М. В. Горелик, Е. В. Мишина, *ЖОРХ*, **19**, 2187 (1983).
17. В. Я. Файн, *Электронные спектры поглощения и строение антрахинонов. Том 2. Дизамещенные 9,10-антрахиноны*, Спутник+, 2003, с. 34.
18. Дж. Джоуль, К. Милс, *Химия гетероциклических соединений*, под ред. М. А. Юровской, Химия, Москва, 2004, с. 563.
19. D. S. Kemp, C. F. Hoynng, *Tetrahedron Lett.*, 4625 (1975).

Научно-исследовательский институт  
по изысканию новых антибиотиков  
им. Г. Ф. Гаузе, Москва 119021, Россия  
e-mail: chekotikhin@mtu-net.ru  
e-mail: mnp@space.ru

Поступило 06.06.2006

<sup>a</sup>Российский химико-технологический университет  
им. Д. И. Менделеева, Москва 125190