

И. В. Украинец*, Н. Л. Березнякова, О. В. Горохова, С. В. Шишкина^а

4-ГИДРОКСИХИНОЛОНЫ-2

170*. СИНТЕЗ И БРОМИРОВАНИЕ N-АЛЛИЛИЗАТИНА

В отличие от N-аллилзамещенных хинолин- или пиридин-2-онов, легко поддающихся при бромировании молекулярным бромом галогенциклизации в соответствующие 2-бромметилоксазолы, N-аллилизатин независимо от условий проведения реакции образует только лишь 2,3-дибромпропильное производное.

Ключевые слова: N-аллилизатин, алкилирование, бромирование, галогенциклизация, PСA.

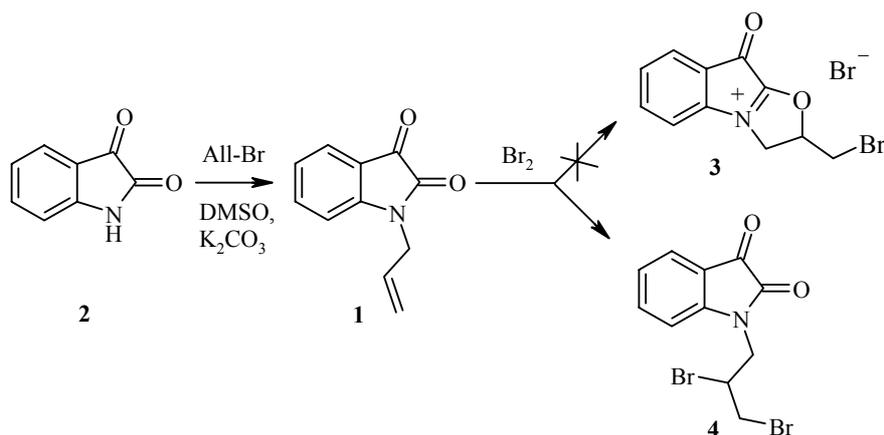
Обесцвечивание брома, как одна из наиболее известных аналитических реакций на алкены, не всегда представляет собой обычное присоединение галогена к ненасыщенной связи. При наличии определенных структурных предпосылок такие реакции могут сопровождаться формированием новых 5-, 6- и даже 7-членных циклов, благодаря чему их часто называют бром- или галогенциклизациями [2–7].

К этому же типу химических превращений относится и бромирование N-аллилзамещенных 4-гидроксихинолонов-2, являющееся, по сути, простым методом получения 4R-2-бромметил-1,2-дигидрооксазоло[3,2-*a*]-хинолинов [8–10]. Для определения синтетического потенциала этой интересной реакции, а также для составления более полного и аргументированного представления об истинном механизме происходящих при этом химических процессов важное значение имеет накопление и последующий анализ экспериментального материала, охватывающего по возможности максимально широкий круг модельных соединений.

Фрагментом именно такого исследования является данное сообщение, цель которого – изучить поведение в условиях бромирования молекулярным бромом N-аллилизатина **1**, имеющего структурное сходство с 4-гидроксихинолонами-2. Согласно известным прописям [11], для преимущественного алкилирования по атому азота изатин **2** необходимо сначала перевести в натриевую соль. Для этого используют этилат натрия в абсолютном этаноле или же NaH в безводном ДМФА. Обычно предпочтение отдается последнему варианту, поскольку в таком случае предварительное выделение соли не обязательно. Однако по нашим данным, применение этих методик оправдано далеко не всегда. По крайней мере, с аллилбромидом эту реакцию гораздо удобнее проводить в системе ДМСО/К₂СО₃ – N-алкилирование проходит при комнатной температуре очень быстро и практически с количественным выходом.

* Сообщение 169 см. [1].

Как и ожидалось, молекулярным бромом в среде ледяной уксусной кислоты N-аллилизатин **1** бромится чрезвычайно легко – бурая окраска брома исчезает сразу же после смешивания реагентов. В принципе протекание данной реакции возможно двумя альтернативными путями: как галогенирование в бромид 2-бромметил-9-оксо-3,9-дигидро-2H-оксазоло[3,2-a]индол-4-илия (**3**) или же как приводящее к образованию N-(2,3-дибромпропил)изатина (**4**) простое присоединение брома к двойной аллильной связи. Не исключено и параллельное формирование обоих этих продуктов.



Положительная проба Бейльштейна и ТСХ-контроль свидетельствуют о том, что бромирование N-аллилизатина **1** действительно прошло, причем селективно, поскольку выделенный продукт оказался индивидуальным веществом. Оба возможных бромзамещенных продукта **3** или **4** содержат одно и то же количество протонов с довольно схожим химическим окружением. По этой причине судить об истинном строении образовавшегося соединения на основании одного лишь его простого спектра ЯМР ¹H не представляется возможным.

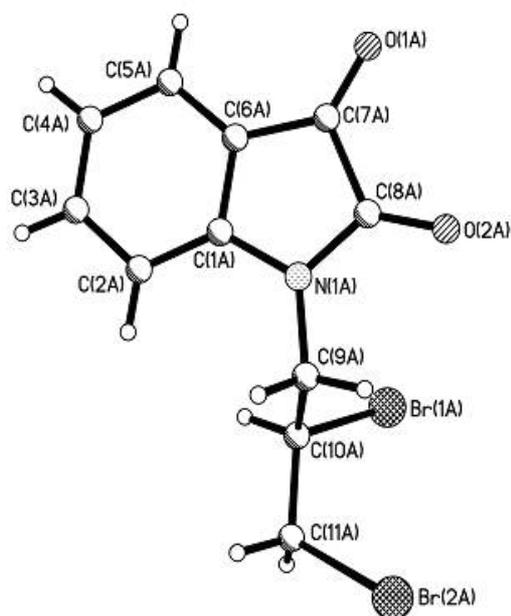
Однозначно решить возникшую структурную задачу удалось методом РСА (см. рисунок и табл. 1, 2). Как оказалось, полученный продукт является N-(2,3-дибромпропил)изатином (**4**). В независимой части элементарной ячейки этого соединения находятся две молекулы (**A** и **B**), различающиеся некоторыми геометрическими параметрами. Бициклический фрагмент и атомы O(1), O(2) и C(9) в обеих молекулах лежат в одной плоскости с точностью 0.02 Å. Связь C(7)–C(8) (1.558(6) в молекуле **A** и 1.538(6) Å в **B**) несколько удлинена по сравнению со средним значением [12] для связи C_{sp2}–C_{sp2} (1.455 Å), что наблюдалось и в ранее изученных изатинах [13–16].

Отталкивание между заместителем при атоме N(1) и бензольным кольцом – внутримолекулярный укороченный контакт H(10)…C(2) 2.85 в **A** и 2.82 Å в **B** (сумма ван-дер-ваальсовых радиусов [17] 2.87 Å) – приводит к тому, что 2,3-дибромпропильный фрагмент расположен практически перпендикулярно плоскости бициклического ядра (торсионный угол C(1)–N(1)–C(9)–C(10) 72.9(5)° в **A** и 71.6(5)° в **B**) и находится в

ap-конформации (торсионный угол N(1)–C(9)–C(10)–C(11) $-171.6(4)^\circ$ в **A** и $-168.5(3)^\circ$ в **B**). Атомы брома в нем занимают *+**sc*-положение друг относительно друга (торсионный угол Br(1)–C(10)–C(11)–Br(2) $66.2(3)^\circ$ в **A** и $68.7(3)^\circ$ в **B**). При этом возникает укороченный внутримолекулярный контакт H(9a)...Br(2) 2.95 в молекуле **A** и 2.94 Å в **B**.

Кроме того, в кристалле соединения **4** между молекулами **A** и **B** обнаружен ряд укороченных межмолекулярных контактов: H(3a)...Br(2a)' (0.5–*x*, –0.5+*y*, 0.5–*z*) 3.12 (3.23); H(4a)...Br(1b)' (–0.5+*x*, 0.5–*y*, 0.5+*z*) 3.03 (3.23); H(11b)...Br(2b)' (0.5–*x*, –0.5+*y*, –0.5–*z*) 3.11 (3.23); H(3b)...Br(1)' (0.5–*x*, –0.5+*y*, –0.5–*z*) 3.09 (3.23); H(3b)...Br(2b)' (0.5–*x*, –0.5+*y*, –0.5–*z*) 3.10 (3.23); H(4b)...Br(1a)' (0.5+*x*, 0.5–*y*, –0.5+*z*) 3.17 (3.23); H(11c)...Br(1a)' 3.05 (3.23); H(11a)...Br(2a)' (–0.5+*x*, 0.5–*y*, –0.5+*z*) 2.99 (3.23); Br(1a)...Br(2b)' 3.73 (3.94 Å); Br(1a)...Br(2b)' (–*x*, 1–*y*, –*z*) 3.57 (3.94) и Br(2a)...Br(1b)' (1–*x*, 1–*y*, –*z*) 3.74 Å (3.94 Å).

Таким образом, бромирование N-аллилизатина **1** в ледяной уксусной кислоте при комнатной температуре проходит исключительно как классическое присоединение галогена к двойной связи. Учитывая, что иногда на направление подобного рода реакций существенное влияние оказывают используемый растворитель и температура [18, 19], мы дополнительно провели синтез в четыреххлористом углероде при -20°C . Однако и в этом случае выделено было только соединение **4**.



Строение молекулы N-2,3-дибромпропилизатина (**4**) с нумерацией атомов

Таблица 1

Длины связей (*l*) в структуре N-(2,3-дибромпропил)изатина (**4**)

Связь	<i>l</i> , Å	Связь	<i>l</i> , Å
Br(1A)–C(10A)	1.952(4)	Br(2A)–C(11A)	1.937(5)
N(1A)–C(8A)	1.366(5)	N(1A)–C(1A)	1.411(5)
N(1A)–C(9A)	1.443(5)	O(1A)–C(7A)	1.201(5)
O(2A)–C(8A)	1.210(5)	C(1A)–C(2A)	1.370(6)
C(1A)–C(6A)	1.406(6)	C(2A)–C(3A)	1.390(7)
C(3A)–C(4A)	1.373(7)	C(4A)–C(5A)	1.382(6)
C(5A)–C(6A)	1.385(6)	C(6A)–C(7A)	1.450(6)
C(7A)–C(8A)	1.558(6)	C(9A)–C(10A)	1.522(5)
C(10A)–C(11A)	1.497(6)	Br(1B)–C(10B)	1.961(4)
Br(2B)–C(11B)	1.945(4)	N(1B)–C(8B)	1.369(5)
N(1B)–C(1B)	1.427(5)	N(1B)–C(9B)	1.450(5)
O(1B)–C(7B)	1.196(5)	O(2B)–C(8B)	1.202(5)
C(1B)–C(2B)	1.372(5)	C(1B)–C(6B)	1.382(6)
C(2B)–C(3B)	1.376(6)	C(3B)–C(4B)	1.382(6)
C(4B)–C(5B)	1.376(6)	C(5B)–C(6B)	1.381(6)
C(6B)–C(7B)	1.468(5)	C(7B)–C(8B)	1.538(6)
C(9B)–C(10B)	1.522(5)	C(10B)–C(11B)	1.474(6)

Т а б л и ц а 2

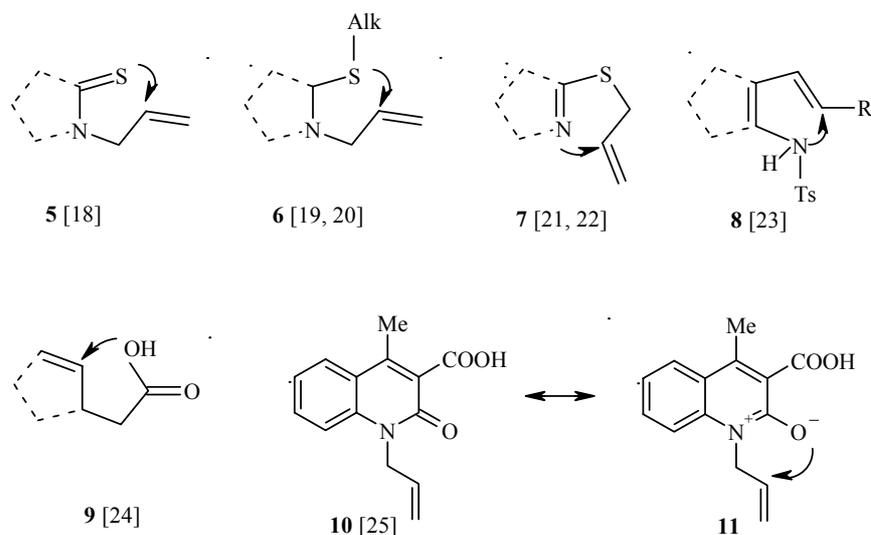
Валентные углы (ω) в структуре соединения 4

Угол	ω , град.	Угол	ω , град.
C(8A)–N(1A)–C(1A)	110.8(4)	C(8A)–N(1A)–C(9A)	124.4(4)
C(1A)–N(1A)–C(9A)	124.7(4)	C(2A)–C(1A)–C(6A)	121.2(4)
C(2A)–C(1A)–N(1A)	128.4(5)	C(6A)–C(1A)–N(1A)	110.4(4)
C(1A)–C(2A)–C(3A)	116.5(5)	C(4A)–C(3A)–C(2A)	123.3(5)
C(3A)–C(4A)–C(5A)	120.1(5)	C(4A)–C(5A)–C(6A)	117.9(5)
C(5A)–C(6A)–C(1A)	121.0(4)	C(5A)–C(6A)–C(7A)	131.3(5)
C(1A)–C(6A)–C(7A)	107.7(4)	O(1A)–C(7A)–C(6A)	130.8(5)
O(1A)–C(7A)–C(8A)	124.2(4)	C(6A)–C(7A)–C(8A)	105.0(4)
O(2A)–C(8A)–N(1A)	127.5(4)	O(2A)–C(8A)–C(7A)	126.4(4)
N(1A)–C(8A)–C(7A)	106.1(4)	N(1A)–C(9A)–C(10A)	113.5(3)
C(11A)–C(10A)–C(9A)	114.3(4)	C(11A)–C(10A)–Br(1A)	111.0(3)
C(9A)–C(10A)–Br(1A)	109.4(3)	C(10A)–C(11A)–Br(2A)	114.7(3)
C(8B)–N(1B)–C(1B)	110.7(4)	C(8B)–N(1B)–C(9B)	124.4(4)
C(1B)–N(1B)–C(9B)	124.9(3)	C(2B)–C(1B)–C(6B)	122.2(4)
C(2B)–C(1B)–N(1B)	127.5(4)	C(6B)–C(1B)–N(1B)	110.3(4)
C(1B)–C(2B)–C(3B)	116.9(4)	C(2B)–C(3B)–C(4B)	122.6(4)
C(5B)–C(4B)–C(3B)	119.2(5)	C(4B)–C(5B)–C(6B)	119.6(4)
C(5B)–C(6B)–C(1B)	119.5(4)	C(5B)–C(6B)–C(7B)	132.8(4)
C(1B)–C(6B)–C(7B)	107.7(4)	O(1B)–C(7B)–C(6B)	130.1(5)
O(1B)–C(7B)–C(8B)	124.5(4)	C(6B)–C(7B)–C(8B)	105.4(4)
O(2B)–C(8B)–N(1B)	127.5(4)	O(2B)–C(8B)–C(7B)	126.6(4)
N(1B)–C(8B)–C(7B)	105.9(4)	N(1B)–C(9B)–C(10B)	113.0(3)
C(11B)–C(10B)–C(9B)	114.4(3)	C(11B)–C(10B)–Br(1B)	111.8(3)
C(9B)–C(10B)–Br(1B)	109.4(3)	C(10B)–C(11B)–Br(2B)	114.5(3)

В качестве одного из препятствий бромциклизации N-аллилизатина **1** в оксазолоиндол **3**, прежде всего, пожалуй, можно было бы назвать

обусловленное размером цикла уже имеющееся некоторое напряжение в его пиррольном фрагменте, в результате чего достраивание к нему еще одного пятичленного кольца становится энергетически менее выгодным, чем образование дибромпроизводного **4**. Однако более глубокий анализ показывает, что это на первый взгляд вполне логичное объяснение не согласуется с многочисленными экспериментальными данными. Так, в частности, хорошо известны успешные галогенциклизации, сопровождающиеся формированием гетероциклических систем именно такого типа, т. е. содержащих аннелированные друг с другом пятичленные ядра [2, 18–24]. С другой стороны, как оказалось, не всякий шестичленный 1-N-аллилзамещенный 2-оксогетероцикл способен подвергаться галогенциклизации при его бромировании.* Следовательно, неудача, постигшая нас при попытке трансформировать N-аллилизатин **1** в оксазолоиндол **3**, вызвана совершенно другими причинами.

Обращает на себя внимание тот факт, что бициклы рассматриваемого типа легко образуются лишь в тех случаях, когда в галогенциклизации участие принимают атомы серы или азота (см. структуры **5–8**). Замыкание второго цикла на атом кислорода встречается крайне редко, да и то лишь как результат иодирования карбоновых кислот, содержащих олефиновую связь (структура **9**). Особенностью таких реакций является участие в циклизации атома кислорода гидроксильной группы и образование в конечном итоге лактонов, за что их и назвали йодолактонизацией. А вот примеров формирования подобных бициклов с участием карбонильного атома кислорода обнаружить вообще не удалось.



* Нами установлено, что реакция 1-аллил-3-(2-гидроксиэтил)-1Н-хиназолин-2,4-диона с молекулярным бромом в ледяной уксусной кислоте также проходит исключительно как присоединение галогена к двойной аллильной связи, т. е. единственным ее продуктом является соответствующее 1-N-(2,3-дибромпропильное) производное.

Полагают, что в реакциях галогенциклизации карбонильный атом кислорода станет нуклеофильным центром путем образования устойчивых

продуктов α -депротонирования, т.е. гидроксиформ [2]. Для N-аллилизатина **1** подобное превращение невозможно в принципе и это его свойство можно было бы принять за достаточно убедительную причину неудавшейся бромциклизации. Однако, например, 1-аллил-4-метил-2-оксо-1,2-дигидрохинолин-3-карбоновая кислота (**10**) тоже не способна образовывать 2-гидроксипроизводное, но это никак не помешало ей при бромировании циклизоваться в бромид 2-бромметил-4-карбокси-5-метил-1,2-дигидрооксазоло[3,2-*a*]хинолиния, что объяснялось подтвержденными данными РСА существенным вкладом в резонансный гибрид биполярной ароматической формы **11** [25].

Данные обстоятельства позволяют предположить, что направленность изучаемой нами реакции в значительной степени определяется не столько размерами имеющегося и формирующегося циклов или возможностью образовывать енольные формы, сколько зависящей от строения молекулы в целом поляризуемостью потенциальных нуклеофильных центров, т. е. атомов серы, азота или кислорода. Для изатинов вклад биполярной формы типа **11** очевидно невелик, поэтому бромирование его N-аллилзамещенного производного **1** проходит только лишь как обычное присоединение брома к двойной аллильной связи. Вероятно по той же причине калиевые или натриевые соли изатина, хотя формально и являются амбидентными нуклеофилами, тем не менее, алкилируются исключительно по атому азота. Для сравнения, пиридин- и хинолин-2-оны, 1-N-аллилзамещенные производные которых бромциклизуются чрезвычайно легко, в тех же условиях всегда образуют смеси N- и O-алкилзамещенных изомеров [26, 27]. Другими словами, поляризуемость 2-карбонильных атомов кислорода в пиридин- и хинолин-2-онах существенно выше, чем в изатинах и это соответствующим образом отражается на их химических свойствах.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Спектры ЯМР ^1H синтезированных соединений записаны на приборе Varian Mercury-VX-200 (200 МГц), растворитель ДМСО- d_6 , внутренний стандарт ТМС.

N-Аллилизатин 1. К раствору 1.47 г (0.01 моль) изатина **2** в 15 мл ДМСО прибавляют 2 г мелкоизмельченного K_2CO_3 , перемешивают, а затем прибавляют 0.93 мл (0.011 моль) бромистого аллила. Реакционная масса при этом практически сразу меняет окраску из фиолетовой на красную, после чего ее разбавляют холодной водой. Выделившийся ярко-красный осадок N-аллилизатина **1** отфильтровывают, промывают холодной водой, сушат. Выход 1.83 г (98%). Т. пл. 86–88 °С (этанол). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 7.62 (1H, т, $J = 7.8$, H-6); 7.54 (1H, д, $J = 7.3$, H-4); 7.11 (1H, т, $J = 7.6$, H-5); 7.04 (1H, д, $J = 8.0$, H-7); 5.84 (1H, м, $\text{C}=\text{CH}_2$); 5.31 (1H, д, $J = 17.3$, $\text{NCH}_2\text{CH}=\text{C}-\text{trans}$); 5.16 (1H, д, $J = 10.4$, $\text{NCH}_2\text{CH}=\text{C}-\text{cis}$); 4.28 (2H, д, $J = 4.8$, NCH_2).

N-(2,3-Дибромпропил)изатин (4). А. К раствору 1.87 г (0.01 моль) N-аллилизатина **1** в 20 мл уксусной кислоты при перемешивании прибавляют 0.52 мл (0.01 моль) брома, который сразу же обесцвечивается. Разбавляют реакционную смесь водой. Выпавший красный осадок отфильтровывают, промывают холодной водой, сушат. R_f 0.48 (Silufol UV-254, гексан– CH_2Cl_2 –ацетон, 5:5:1). Выход 3.26 г (90%). Т. пл. 129–131 °С (этанол). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 7.67 (1H, т, т, $J = 7.8$ и $J = 1.4$, H-6); 7.56 (1H, д, т, $J = 7.3$ и $J = 1.4$, H-4); 7.25 (1H, д, д, $J = 7.8$ и

$J = 2.0$, Н-7); 7.13 (1Н, т. т., $J = 7.5$ и $J = 1.3$, Н-5); 4.67 (1Н, кв., $J = 6.4$, NCH_2CHBr); 4.15 (2Н, д., $J = 7.1$, NCH_2); 4.02 (2Н, д. д., $J = 5.9$ и $J = 2.1$, CH_2Br). Найдено, %: С 37.93; Н 2.50; N 4.13. $\text{C}_{11}\text{H}_9\text{Br}_2\text{NO}_2$. Вычислено, %: С 38.07; Н 2.61; N 4.04.

Б. К охлажденному до -20 °С раствору 1.87 г (0.01 моль) N-аллилизатина **1** в 150 мл CCl_4 при интенсивном перемешивании прибавляют по каплям охлажденный до -20 °С раствор 0.52 мл (0.01 моль) брома в 20 мл CCl_4 . После прибавления всего брома охлаждение снимают. Отгоняют растворитель при пониженном давлении до объема ~ 30 мл и охлаждают. Красный осадок отфильтровывают, сушат. Выход 3.40 г (94%). Смешанная проба с образцом соединения **4**, полученным по способу А, не дает депрессии температуры плавления. Спектры ЯМР ^1H этих соединений и значения R_f идентичны.

Рентгеноструктурное исследование. Кристаллы N-(2,3-дибромпропил)-изатина (**4**) моноклинные (ацетон), при 20 °С: $a = 12.988(2)$, $b = 13.013(3)$, $c = 15.092(3)$ Å, $\beta = 113.41(2)^\circ$, $V = 2340.7(7)$ Å³, $M_r = 347.01$, $Z = 8$, пространственная группа $P2_1/n$, $d_{\text{выч}} = 1.969$ г/см³, $\mu(\text{MoK}\alpha) = 6.910$ мм⁻¹, $F(000) = 1344$. Параметры элементарной ячейки и интенсивности 12819 отражений (4071 независимого, $R_{\text{int}} = 0.033$) измерены на дифрактометре Xcalibur-3 (MoK α излучение, CCD-детектор, графитовый монохроматор, ω -сканирование, $2\theta_{\text{max}} = 50^\circ$). Поглощение учтено полуэмпирическим методом по результатам мульти-сканирования ($T_{\text{min}} = 0.208$, $T_{\text{max}} = 0.501$).

Структура расшифрована прямым методом по комплексу программ SHELXTL [28]. Положения атомов водорода выявлены из разностного синтеза электронной плотности и уточнены по модели "наездника" с $U_{\text{iso}} = 1.2 U_{\text{eq}}$ неводородного атома, связанного с данным водородным. Структура уточнена по F^2 полноматричным МНК в анизотропном приближении для неводородных атомов до $wR_2 = 0.071$ по 4054 отражениям ($R_1 = 0.034$ по 2430 отражениям с $F > 4\sigma(F)$, $S = 0.838$). Полная кристаллографическая информация депонирована в Кембриджском банке структурных данных (депонент CCDC 717535). Межатомные расстояния и валентные углы представлены в табл. 1 и 2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. И. В. Украинец, Лю Янян, Н. Л. Березнякова, А. В. Туров, *XTC*, 1539 (2009).
2. F. A. Carey, R. J. Sundberg, *Advanced Organic Chemistry. Pt. B: Reactions and Synthesis*, 5th ed., Springer US, 2007, p. 310. Online version available.
3. J. W. Chern, C. Y. Shiau, G. Y. Lu, *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, **1**, 571 (1991).
4. M. D'hooghe, J. Baele, J. Contreras, M. Boelens, N. De Kimpe, *Tetrahedron Lett.*, **49**, 6039 (2008).
5. T. Hu, M. Shen, Q. Chen, C. Li, *Org. Lett.*, **8**, 2647 (2006).
6. T. M. Ugurchieva, A. V. Lozanova, M. V. Zlokazov, V. V. Veselovsky, *Russian Chem. Bull., Int. Ed.*, **56**, 1544 (2007).
7. В. Н. Брицун, А. Н. Есипенко, В. И. Станинец, М. О. Лозинский, *XTC*, 1114 (2005). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **41**, 948 (2005)].
8. И. В. Украинец, Л. В. Сидоренко, О. В. Горохова, С. В. Шишкина, А. В. Туров, *XTC*, 736 (2007). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **43**, 617 (2007)].
9. И. В. Украинец, Н. Л. Березнякова, О. В. Горохова, А. В. Туров, С. В. Шишкина, *XTC*, 1180 (2007). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **43**, 1001 (2007)].
10. И. В. Украинец, Н. Л. Березнякова, В. А. Паршиков, А. В. Туров, *XTC*, 1496 (2007). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **43**, 1269 (2007)].

11. Г. И. Жунгиету, М. А. Рехтер, *Изатин и его производные*, Штиинца, Кишинев, 1977, с. 33.
12. H.-B. Burgi, J. D. Dunitz, *Structure Correlation*, VCH, Weinheim, 1994, vol. 2, p. 741.
13. M. H. Palmer, A. J. Blake, R. O. Gould, *Chem. Phys.*, **115**, 219 (1987).
14. J. Zukerman-Schpector, E. E. Castellano, A. D. C. Pinto, J. F. M. da Silva, M. T. F. C. Barcellos, *Acta Crystallogr.*, **C48**, 760 (1992).
15. J. Zukerman-Schpector, A. D. C. Pinto, J. F. M. da Silva, M. T. F. C. Barcellos, *Acta Crystallogr.*, **C51**, 675 (1995).
16. G. Miehe, P. Susse, V. Kupcik, E. Egert, M. Nieger, G. Kunz, R. Gerke, V. Knieriem, M. Niemeyer, W. Luttko, *Angew. Chem., Int. Ed.*, **30**, 964 (1991).
17. Ю. В. Зефирова, *Кристаллография*, **42**, 936 (1997).
18. С. М. Хрипак, М. В. Сливка, Р. В. Вилков, Р. Н. Усенко, В. Г. Лендел, *ХГС*, 922 (2007). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **43**, 781 (2007)].
19. М. В. Сливка, Дис. канд. хим. наук, Киев, 2001.
20. М. В. Сливка, С. М. Хрипак, В. Н. Брицун, В. И. Станинец, *ЖОрХ*, **36**, 1064 (2000).
21. Д. Г. Ким, В. В. Авдин, Л. В. Гаврилова, *ХГС*, 1130 (1997). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **33**, 986 (1997)].
22. Д. Г. Ким, *ХГС*, 566 (1998). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **34**, 505 (1998)].
23. Y. G. Kim, J. K. Cha, *Tetrahedron Lett.*, **30**, 5721 (1989).
24. L. A. Raquette, G. D. Crouse, A. K. Sharma, *J. Am. Chem. Soc.*, **102**, 3972 (1980).
25. И. В. Украинец, Н. Л. Березнякова, В. А. Паршиков, А. В. Туров, *ХГС*, 1496 (2007). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **43**, 1269 (2007)].
26. А. Ф. Пожарский, *Теоретические основы химии гетероциклов*, Химия, Москва, 1985, с. 158.
27. И. В. Украинец, Л. В. Сидоренко, О. В. Горохова, Н. Л. Березнякова, С. В. Шишкина, *ХГС*, 1502 (2006). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **42**, 1296 (2006)].
28. G. M. Sheldrick, *SHELXTL PLUS. PC Version. A System of Computer Programs for the Determination of Crystal Structure from X-ray Diffraction Data*. Rev. 5.1 (1998).

Национальный фармацевтический университет,
Харьков 61002, Украина
e-mail: uiv@kharkov.ua

Поступило 18.12.2008

^aНТК "Институт монокристаллов"
НАН Украины, Харьков 61001, Украина
e-mail: sveta@xray.isc.kharkov.com