

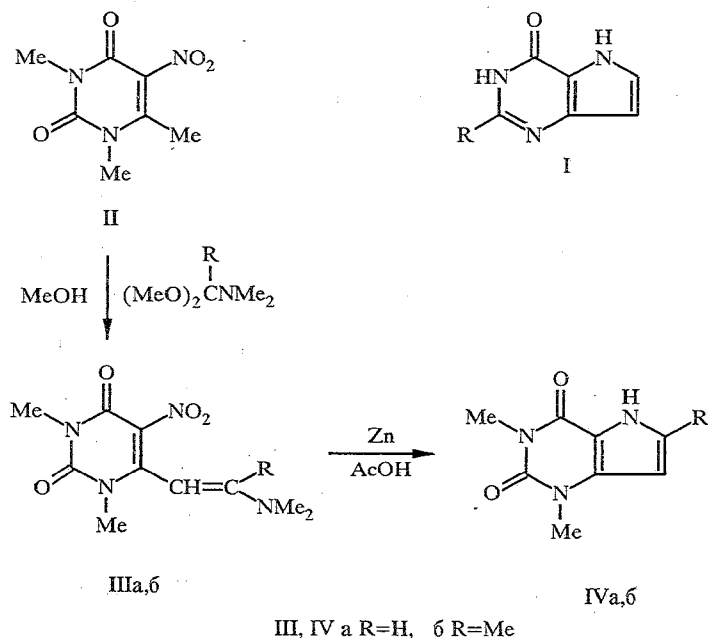
Е. Б. Цупак, Ю. Н. Ткаченко, А. Ф. Пожарский

ПИРРОЛОПИРИМИДИНЫ

1*. РЕАКЦИИ ЭЛЕКТРОФИЛЬНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ 1,3-ДИМЕТИЛПИРРОЛО[3,2-*d*]ПИРИМИДИН-2,4-ДИОНА

Реакции галогенирования, аминотетирования, ацилирования, азосочетания в 1,3-диметилпирроло[3,2-*d*]пиримидин-2,4-дионе протекают по положению 7, в то время как нитрование в уксусной кислоте направляется преимущественно в положение 6. В ряде случаев синтезированы продукты замещения обоих атомов водорода в пиррольном кольце.

Несмотря на наличие многочисленных сведений о высокой биологической активности различных производных пирроло[3,2-*d*]пиримидина [2, 3], имеется не так много данных о реакционной способности этих соединений, в частности о реакциях электрофильного замещения. Так, известно, что производные пирроло[3,2-*d*]пиримидин-4-она (I) подвергаются бромированию [4—6], нитрованию [7] и аминотетированию [8—11] по положению 7. Однако для более доступных и, вероятно, особенно перспективных с фармакологической точки зрения (учитывая наличие урацильного ядра) пирроло[3,2-*d*]пиримидин-2,4-дионов подобные исследования, насколько нам известно, до сих пор не проводились. С целью восполнить этот пробел в настоящей работе исследована направленность реакций электрофильного замещения в 1,3-диметилпирроло[3,2-*d*]пиримидин-2,4-дионе (IVa). Представлялось интересным выяснить, похоже ли это соединение, как и



* Сообщение 11 из серии «Пурины, пиримидины и конденсированные системы на их основе». Сообщение 10 см. [1].

соединение I, на индол, подвергающийся замещению исключительно в β -положении пиррольного цикла, или же оно обнаруживает большее сходство с пирролом, реакции которого с электрофилами протекают, как известно, преимущественно по α -положениям.

Соединение IVa получали в две стадии исходя из 1,3,6-триметил-5-нитроурацила и диметилацетата диметилформамида, причем первая стадия, ведущая к образованию енамина IIIa, была нами несколько упрощена за счет замены чистого диметилацетата диметилформамида [11] или предлагавшегося ранее комплекса диметилсульфат—диметилформаимид в присутствии триэтиламина [12] метанольным раствором ацетата. Этот прием дает хорошие результаты также при синтезе енамина IIIб, в котором используется диметилацетат ацетамида.

В спектре ПМР соединения IVa сигналы протонов 6-Н и 7-Н проявляются при 7,21 и 6,14 м. д. (табл. 2). Более высокопольный сигнал однозначно принадлежит протону 7-Н, поскольку в спектре соединения IVб, у которого протон 7-Н замещен метильной группой, единственный сигнал ароматического протона 7-Н расположен при 5,88 м. д. и небольшое дополнительное экранирование этого протона характерно для донорного эффекта орто-метильной группы. Обращает на себя внимание большая разница ($>1,0$ м. д.) в химических сдвигах протонов 6-Н и 7-Н, сильно превышающая аналогичную разницу для протонов 2-Н и 3-Н в пирроле ($\Delta\delta = 0,46$ м. д.) и индоле ($\Delta\delta = 0,23$ м. д.) [13]. Она почти всецело обусловлена слабепольным смещением сигнала протона 6-Н, в то время как химические сдвиги β -протонов в молекулах IVa, пиррола и индола различаются мало (6,14, 6,22 и 6,29 м. д. соответственно). Причина этого вполне очевидна: положение 6 в молекуле IVa сопряжено с группой $C(4)=O$, что приводит к снижению на нем π -электронной плотности. С этими заключениями хорошо согласуются результаты квантово-химического расчета молекулы IVa как по простому методу Хюккеля (МОХ), так и по методу MNDO (табл. 1). Они свидетельствуют о высокой π -избыточности положения 7 и, напротив, о наличии небольшого положительного заряда в положении 6. На основании этих данных можно предположить, что реакции электрофильного замещения в соединениях IVa должны прежде всего протекать по β -углеродному атому пиррольного кольца. Однако величины энергии электрофильной локализации находятся в некотором противоречии с этим предположением и свидетельствуют о предпочтительном замещении по α -углеродному атому пиррольного кольца. Как известно, такое же противоречие характерно и для молекулы пиррола [14]. Обычно оно свидетельствует о том, что в условиях кинетического контроля реакция протекает по атому с наибольшей электронной плотностью, тогда как при термодинамическом контроле возможно образование продукта по тому положению, которому отвечает меньшая величина энергии локализации.

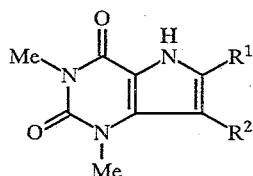
Первой изученной нами реакцией был кислотный дейтерообмен. Мы нашли, что после десятиминутного нагревания соединения IVa при 60 °С в дейтеротрифторуксусной кислоте протон 7-Н обменивается на 87%, тогда как обмен протона 6-Н составляет не более 4,5%. На основании этого можно

Таблица 1

Величины эффективных зарядов, q , и энергии электрофильной локализации, L^+ , в молекуле IVa*

Атом	q^{π} (МОХ)	$q^{\sigma+\pi}$ (MNDO)	$L^+(\beta)$ (МОХ)
C(6)	+0,082	+0,047	2,14
C(7)	-0,122	-0,173	2,27

* N-метильные группы при расчете не учитывались.

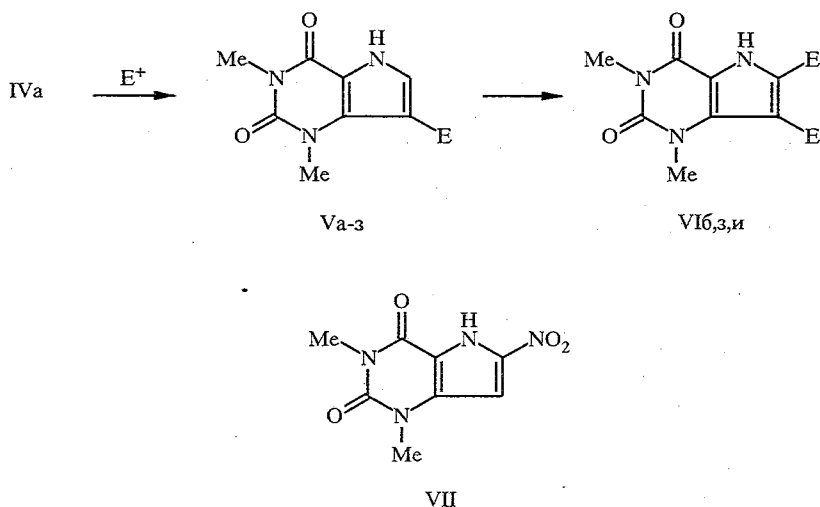
Параметры спектров ПМР изученных соединений в ДМСО-D₆

Соединение	R ¹	R ²	Химические сдвиги, δ, м. д. (КССВ, J, Гц)				
			R ¹	R ²	NH, уш. с	N ₃ -Me с	N ₍₁₎ Me с
IVa	H	H	7,21 д. д, J _{NH,6-H} = =J _{6-H,7-H} = 2,9	6,14 д. д, J _{NH,7-H} = =J _{7-H,6-H} = 2,9	11,96	3,38	3,24
IVб	Me	H	2,26 с	5,88 д, J _{NH,7-H} = 2	11,71	3,33	3,22
Va	D	D	7,25 (0,96H) д. д, J _{NH,6-H} = =J _{6-H,7-H} = 2,1	6,175 (0,14H) д. д, J _{NH,7-H} = =J _{7-H,6-H} = 1,35	12,09 (0,18H)	3,38	3,22
Vб	H	Br	7,37 с	—	12,47	3,66	3,24
Vв	H	I	7,33 с	—	12,43	3,70	3,24
Vг	H	CHO	8,00 с	9,80 с	13,01	3,75	3,26
Vд	H	CH ₃ CO	8,05 с	2,47 с	12,75	3,63	3,25
Ve	H	CH ₂ NMe ₂	7,13 с	2,08 с (NMe ₂), 3,29 с (CH ₂)	11,93	3,69	3,23
Vж	H	C ₆ H ₅ N=N	7,54 с	7,81 с (H _{орто}), 7,57 м (H _{мета} + H _{пара})	13,20	3,81	3,32
Vз	H	NO ₂	8,37 с	—	*	*	*
VIб	Br	Br	—	—	13,44	3,65	3,23
VIз	NO ₂	NO ₂	—	—	(NH ₄ ⁺) 7,175 τ J = 48,7	3,51	3,41
VIи	Cl	Cl	—	—	13,48	3,61	3,23
VII	NO ₂	H	—	7,18 с	12,86	3,41	3,27

* Отнесение не проводилось.

заключить, что активности положений 7 и 6 в этих условиях относятся примерно как 20 : 1.

Как и следовало ожидать, большинство других проведенных нами реакций электрофильного замещения также протекали по положению 7. К ним относятся реакции формилирования по Вильсмайеру, ацилирование уксусным ангидридом в присутствии эфира трехфтористого бора, аминометилирование, азосочетание, йодирование йодом в присутствии йодида калия и гидрокарбоната натрия, бромирование в уксусной кислоте. В результате этих превращений были получены соединения Vб—ж с выходом 58...86%. Мы установили, что возможно и последующее замещение водорода в положении 6. Так, при действии избытка брома или хлора в уксусной кислоте при комнатной температуре на соединение IVa были получены 6,7-дигалогензамещенные VIб,и. Интересно, что дихлорирование наблюдается даже при использовании одного эквивалента хлора. Подобное явление, как известно, встречается также в ряду пиррола и имидазола [15]. Его объясняют тем, что при вхождении первого атома хлора увеличивается



E = D (a), Br (б), I (в), CHO (г), MeCO (д), CH₂NMe₂ (е), Ph—N=N (ж), NO₂ (з), Cl (и)

NH-кислотность субстрата и второе замещение может протекать через равновесную концентрацию N-аниона, что сильно ускоряет реакцию по сравнению с замещением в нейтральной молекуле.

Менее однозначно, как и в случае пирролов [16], протекает нитрование соединения IVa. В результате действия на него при комнатной температуре избытка азотной кислоты (*d* 1,42) в среде уксусной кислоты нами с выходом 44% неожиданно было выделено лишь 6-нитропроизводное VII. Действие же на соединение IVa одного эквивалента азотной кислоты (*d* 1,41) при 95 °C в течение 10 мин, судя по данным спектроскопии ЯМР, приводит к смеси, содержащей наряду с 6-нитроизомером около 10% 7-нитроизомера Vз, а также значительное количество неидентифицированных соединений, дающих синглеты при δ 5,5 и 6,2 м. д. Предположительно, последние являются продуктами присоединения азотной кислоты по двойной связи пиррольного кольца. Ввиду сложности и неоднозначности процессов нитрования им будет посвящено отдельное сообщение. При нитровании соединения IVa нитрующей смесью, содержащей 2 моль азотной кислоты (*d* 1,42), основным продуктом является 6,7-динитропроизводное VIз, выделенное нами с выходом 50%.

Строение всех полученных соединений однозначно подтверждено спектрами ПМР (табл. 2). Для соединений Vб—з характерно исчезновение в сильном поле сигнала протона 7-Н и смещение сигнала протона 6-Н в слабое поле на величину, характерную для дезэкранирующего эффекта соответствующих заместителей в пятичленных гетероциклах [17]. В случае соединения VII единственный синглет в ароматической области находится при 7,18 м. д. Это естественное смещение для сигнала протона 7-Н на 1 м. д. под влиянием *орто*-нитрогруппы. Отнесение его к сигналу протона 6-Н невозможно, так как это означало бы, что последний, по сравнению с исходным соединением, не претерпел никакого смещения под воздействием столь сильного электрооакцептора, как группа NO₂. Синглет протона 6-Н в невыделенном изомере Vз проявляется при 8,4 м. д.

Таким образом, проведенное исследование показало, что по своей реакционной способности в отношении электрофилов 1,3-диметилпирроло [3,2-*d*]пиримидин-2,4-дион в большей степени напоминает индол, нежели пиррол. Однако реакция нитрования обнаруживает определенное сходство с пирролом, что заслуживает более детального изучения.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры получены на спектрометрах ИКС-40 и Specord IR-75 для суспензий веществ в вазелиновом масле. Спектры ПМР измерены на спектрометрах Bruker WH-90/DS (90 МГц) (для соединений Vб—ж; Vб,з,и) и Varian UNITY 300 (300 МГц) (для соединений Va,з,е; VII); растворитель ДМСО-D₆, внутренний стандарт ТМС. Контроль за ходом реакций и индивидуальностью полученных соединений проводили на пластинках Silufol UV-254 и на Al₂O₃ III степени активности в системе хлороформ—этанол, 30 : 1, проявление парами йода.

Данные элементного анализа полученных соединений на С, Н, Вг, Cl, I соответствуют вычисленным.

6-(2-Диметиламиновинил)-1,3-диметил-5-нитроурацил (IIa). К 19,9 г (0,1 моль) комплекса диметилсульфат—диметилформамид [18] в течение 1 мин приливают раствор метилата натрия, приготовленный из 2,3 г (0,1 моль) натрия и 22 мл абсолютного метанола. Метанольный раствор ацетала диметилформамида перегоняют при 110 °С. Отогнанную смесь метанола и диметилацетала диметилформамида, содержащую 11,9 г ацетала (0,1 моль), кипятят 4 ч с 6,2 г (31 ммоль) 1,3,6-триметил-5-нитроурацила (II) [12]. Метанол и избыток ацетала диметилформамида отгоняют на водяной бане. Красные кристаллы соединения IIa промывают холодным метанолом, сушат. Выход 6,4 г (81 %). *T*_{пл} 185 °С, что соответствует литературным данным [12].

1,3-Диметилпирроло[3,2-*d*]пиримидин-2,4-дион (IVa). К раствору 3,36 г (13,2 ммоль) соединения IIIa в 27 мл уксусной кислоты, нагретому до 60 °С, добавляют 15 г (0,23 моль) цинковой пыли. По окончании добавления цинковой пыли смесь кипятят в течение 5...10 мин до почти полного обесцвечивания. Соли цинка и непрореагировавший цинк по охлаждению отфильтровывают и промывают небольшим количеством уксусной кислоты. Фильтрат разбавляют тройным объемом воды и экстрагируют хлороформом (4 × 20 мл). Объединенные хлороформные вытяжки встряхивают 2 раза с равным объемом воды, а затем с насыщенным раствором NaHCO₃ до нейтрализации, сушат Na₂SO₄. Хлороформ отгоняют досуха, остаток перекристаллизовывают из 4% уксусной кислоты. Выход 1,55 г (65,5 %). *T*_{пл} 210 °С. Лит. данные: 210 °С [12].

1,3,6-Триметилпирроло[3,2-*d*]пиримидин-2,4-дион (IVб). Смесь 30 мл метанольного раствора диметилацетала диметилацетамида (13,3 г; 0,1 моль), полученного по аналогии с раствором ацетала диметилформамида из комплекса диметилсульфат—диметилацетамид (комплекс готовится аналогично комплексу диметилсульфат—диметилацетамид), и 6,2 г (31 ммоль) соединения II кипятят 6 ч. Метанол отгоняют, остаток, содержащий 6-(2-диметиламино-2-метилвинил)-1,3-диметил-5-нитроурацил (IIIб) растворяют в 70 мл уксусной кислоты и нагревают до 50 °С. В раствор вносят небольшими порциями цинковую пыль (35,3 г, 0,54 моль), затем реакционную массу кипятят 5 мин и сразу охлаждают, соли цинка отфильтровывают, промывают уксусной кислотой. Фильтрат разбавляют тройным объемом воды и экстрагируют хлороформом (5 × 20 мл). Хлороформные вытяжки встряхивают с водой, нейтрализуют раствором Na₂CO₃ и высушивают. Хлороформ отгоняют, остаток перекристаллизовывают из воды. Выход 1,6 г (27 %). *T*_{пл} 262 °С. Лит. данные 262 °С [19].

Дейтерирование 1,3-диметилпирроло[3,2-*d*]пиримидин-2,4-диола (IVa). К 50 мг соединения IVa приливают 1 мл дейтеротрифторуксусной кислоты и выдерживают 10 мин при температуре 60 °С. После упаривания растворителя остаток растворяют в ДМСО-D₆ и регистрируют спектр ПМР.

7-Бromo-1,3-диметилпирроло[3,2-*d*]пиримидин-2,4-дион (IVб). К раствору 0,5 г (2,8 ммоль) соединения IVa в 5 мл уксусной кислоты при перемешивании прибавляют по каплям 0,43 г (2,7 ммоль) брома в 5 мл уксусной кислоты и затем 1,2 мл воды. Реакционную смесь перемешивают еще 20 мин и в 2 раза разбавляют холодной водой. Через 3 ч осадок отфильтровывают и перекристаллизовывают из пропанола-2. Выход 0,42 г (68 %). Бесцветные призмы с *T*_{пл} 259...260 °С (разл.). ИК спектр: 3167 (NH); 1680, 1660 см⁻¹ (C=O).

7-Йодо-1,3-диметилпирроло[3,2-*d*]пиримидин-2,4-дион (IVв). К раствору 0,5 г (2,8 ммоль) соединения IVa и 2,0 г гидрокарбоната натрия в 80 мл воды по каплям добавляют раствор 0,7 г (2,8 ммоль) йода и 2,0 г йодида калия в 15 мл воды. Прибавление ведут с такой скоростью, чтобы синяя окраска успевала исчезнуть к моменту внесения следующей порции реагента. Светло-желтые кристаллы. В отфильтровывают, перекристаллизовывают из пропанола-2. Выход 0,54 г (64 %). *T*_{пл} 236...239 °С (разл.). ИК спектр: 3140 (NH); 1680, 1650 см⁻¹ (C=O).

7-Формил-1,3-диметилпирроло[3,2-*d*]пиримидин-2,4-дион (Vг). При температуре 5...10 °С смешивают 0,91 г (16,6 ммоль) оксихлорида фосфора с 1,04 г (16,6 ммоль) диметилформамида и при перемешивании приливают раствор 0,5 г (2,8 ммоль) соединения IVa в 2 мл

диметилформамида. Реакционную смесь выдерживают 2 ч при 95 °С, охлаждают и выливают на 20 г льда. Осадок Vг отфильтровывают, перекристаллизовывают из воды. Выход 0,5 г (86%). Светло-желтые иглы с $T_{пл}$ 298 °С. ИК спектр: 3151 (NH); 1680, 1643, 1631 $см^{-1}$ (C=O).

7-Ацетил-1,3-диметилпирроло[3,2-*d*]пиримидин-2,4-дион (Vд). К раствору 0,2 г (1,125 ммоль) соединения IVа в 10 мл сухого ацетонитрила при 50 °С добавляют по каплям 0,43 г (3 ммоль) эфирата трифторида бора и 0,13 г (1,12 ммоль) уксусного ангидрида, после чего смесь кипятят 2 ч. К реакционной массе прибавляют 1 мл воды, охлаждают. Выпавшие кристаллы Vд отфильтровывают, промывают водой, сушат. Выход 0,15 г (65%). Бледно-желтые иглы (из воды) с $T_{пл}$ 268...270 °С. ИК спектр: 3186 (NH); 1685, 1656, 1647 $см^{-1}$ (C=O).

7-Диметиламинометил-1,3-диметилпирроло[3,2-*d*]пиримидин-2,4-дион (IVе). К смеси 0,4 мл (5 ммоль) 50% диметиламина приливают 0,4 мл уксусной кислоты и 0,4 мл (5 ммоль) 38% формальдегида, затем прибавляют 0,44 г (2,46 ммоль) соединения IVа. Реакционную смесь кипятят 10 мин, после чего выдерживают 20 мин при 90 °С, по охлаждению разбавляют трехкратным объемом воды и фильтруют. Маточник упаривают досуха, остаток измельчают и обрабатывают 20 мл кипящего хлороформа. После отгонки хлороформа и кристаллизации из ацетонитрила получают 0,42 г (58%) соединения Vе в виде бесцветных призм с $T_{пл}$ 218...220 °С. Выход 0,42 г (58%). ИК спектр: 3190 (NH); 1693, 1643 $см^{-1}$ (C=O).

7-Фенилазо-1,3-диметилпирроло[3,2-*d*]пиримидин-2,4-дион (Vж). В охлажденную до 5 °С суспензию 0,5 г (2,8 ммоль) соединения IVа в 20 мл воды, содержащую 0,22 г (5,5 ммоль) NaOH, добавляют при перемешивании раствор хлорида фенилдиазония, приготовленный из 0,26 г (2,8 ммоль) анилина, 0,72 мл (8,2 ммоль) конц. соляной кислоты, 0,19 г (2,8 ммоль) нитрита натрия и 9 мл воды. Смесь перемешивают 1 ч, осадок отфильтровывают, сушат и хроматографируют на колонке с оксидом алюминия (акт. по Брокману IV, элюент хлороформ), собирая фракцию с R_f 0,08. Получают 0,47 г (59%) соединения Vж в виде коричневых кристаллов. $T_{пл}$ 240...243 °С. ИК спектр: 3114 (NH); 1689, 1654 $см^{-1}$ (C=O).

6,7-Дихлоро-1,3-диметилпирроло[3,2-*d*]пиримидин-2,4-дион (VIи). К раствору 0,5 г (2,8 ммоль) соединения IVа в 5 мл уксусной кислоты при перемешивании приливают свежеприготовленный раствор 0,6 г (8,5 ммоль) хлора в 7,5 мл уксусной кислоты. Реакционную смесь перемешивают 30 мин при комнатной температуре, затем нагревают до 90 °С и охлаждают. Выпавшие кристаллы соединения VIи отфильтровывают, промывают водой, сушат. После кристаллизации из уксусной кислоты получают 0,48 г (69%). $T_{пл}$ 305...307 °С. ИК спектр: 3130 (NH); 1700, 1650 $см^{-1}$ (C=O).

Хлорирование IVа эквимолярным количеством хлора. При взаимодействии 1 г (5,6 ммоль) соединения IVа в виде насыщенного раствора в уксусной кислоте с 2 мл уксусно-кислого раствора хлора (0,39 г; 5,5 ммоль) при температуре 5...10 °С и перемешивании в течение 30 мин с последующим разбавлением раствора двойным объемом воды образуется 0,42 г осадка, содержащего, по данным ТСХ, дихлорпроизводное VIи, а также, по крайней мере, еще одно соединение, вероятно, монохлорпроизводное.

6,7-Дибромо-1,3-диметилпирроло[3,2-*d*]пиримидин-2,4-дион (VIб). В раствор 0,5 г (2,8 ммоль) соединения IVа в 5 мл уксусной кислоты при интенсивном перемешивании в один прием вносят раствор 1,3 г (8,4 ммоль) брома в 5 мл уксусной кислоты. Реакционную смесь перемешивают 20 мин и разбавляют водой. Выпавший зеленовато-желтый осадок отфильтровывают, промывают водой и суспендируют в 10 мл 2 н. раствора NaOH. Через 15 мин нейтрализуют уксусной кислотой, осадок VIб отфильтровывают, промывают водой, сушат, перекристаллизовывают из уксусной кислоты (бесцветные иглы). Выход 0,45 г (50%). $T_{пл}$ 279...280 °С (разл.). ИК спектр: 3107 (NH); 1700, 1660 $см^{-1}$ (C=O).

6-Нитро-1,3-диметилпирроло[3,2-*d*]пиримидин-2,4-дион (VII). К раствору 0,36 г (2,01 ммоль) соединения IVа в 5 мл уксусной кислоты при перемешивании в течение 10 мин прикапывают 1,5 мл (24 ммоль) азотной кислоты (*d* 1,42), после чего приливают 10 мл воды и перемешивают еще 10 мин. Выпавшее соединение отфильтровывают, промывают водой, сушат. Выход 0,2 г (44%). Желтые иглы с $T_{пл}$ 310 °С (этанол). ИК спектр: 3118 (NH); 1706,5, 1655 $см^{-1}$ (C=O).

6,7-Динитро-1,3-диметилпирроло[3,2-*d*]пиримидин-2,4-дион (аммониевая соль) (VIз). К раствору 0,89 г (4,97 ммоль) соединения IVа в 7 мл конц. H₂SO₄, охлажденной до 5 °С, добавляют по каплям при перемешивании смесь 2 мл конц. H₂SO₄ и 0,7 мл (11 ммоль) азотной кислоты (*d* 1,42). После этого смесь перемешивают еще 1,5 ч и выливают на 20 г льда. Осадок отфильтровывают, смачивают на фильтре 1,5 мл конц. аммиака и образовавшуюся аммониевую соль пере-

кристаллизуются из воды (желтые иглы). Выход 0,7 г (49%). $T_{пл}$ 156...159 °С. Само соединение VIз, в отличие от соли, трудно поддается кристаллизации. ИК спектр: 3176 (NH); 1685, 1633 cm^{-1} (C=O).

Настоящее исследование выполнено при поддержке программы «Университеты России», раздел «Фундаментальные исследования в химии».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гулевская А. В., Пожарский А. Ф., Чернышев А. И., Кузьменко В. В. // ХГС. — 1992. — № 9. — С. 1202.
2. Глушков Р. Г., Сизова О. С. // Хим.- фарм. журн. — 1986. — № 6. — С. 713.
3. Chu M. J., Landry L. B., Klin K. S. // Proc. Amer. Ass. Cancer Res. — 1982. — Vol. 23. — P. 220.
4. Сизова О. С., Глушков Р. Г. // Хим.- фарм. журн. — 1984. — № 6. — С. 717.
5. Эктова О. С., Преображенская М. Н. // Хим.- фарм. журн. — 1988. — № 7. — С. 860.
6. Cassidy F., Olsen R. K., Robins R. K. // J. Heterocycl. Chem. — 1968. — Vol. 5. — P. 461.
7. Сизова О. С., Глушков Р. Г. // Хим.- фарм. журн. — 1984. — № 8. — С. 958.
8. Модникова Г. А., Сизова О. С., Новицкий К. Ю. // Хим.- фарм. журн. — 1982. — № 6. — С. 36.
9. Itai K. // Chem. Pharm. Bull. — 1964. — Vol. 12. — P. 1030.
10. Модникова Г. А., Сизова О. С., Новицкий К. Ю., Рябоконе Н. А., Власова Т. М., Чернов В. А. // Хим.- фарм. журн. — 1982. — № 5. — С. 548.
11. Модникова Г. А., Туткова Р. М., Глушков Р. Г., Соколова А. С., Силин В. А., Чернов В. А. // Хим.- фарм. журн. — 1988. — № 2. — С. 185.
12. Senda S., Hirota K. // Chem. Pharm. Bull. — 1974. — Vol. 22. — P. 2593.
13. Katritzky A. R. // Handbook of Heterocyclic Chemistry: Pergamon Press, Oxford, 1985. — P. 58.
14. Пожарский А. Ф. Теоретические основы химии гетероциклических соединений. — М.: Химия, 1985. — С. 191.
15. Джоуль Дж., Смит Г. // Основы химии гетероциклических соединений. — М.: Мир, 1975. — С. 220, 334.
16. Doddi G. J., Mencrelli P., Razzini A., Stegal F. // Org. Chem. — 1979. — Vol. 44. — P. 2321.
17. Успехи химии фурана / Под ред. Э. Лукевица. — Рига: Зинатне, 1978. — С. 25.
18. Физер Л., Физер М. // Реагенты для органического синтеза. — М.: Мир, 1970. — Т. 1. — С. 211.
19. Senda K., Ichiba M., Nichigaki S. // J. Org. Chem. — 1979. — Vol. 44. — P. 3830.