

УДК 547.712.22

## РЕАКЦИИ ИЗАТИНА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ С АРОМАТИЧЕСКИМИ И ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИМИ о-ДИАМИНАМИ

*А. В. Иващенко, В. М. Дзиомко*

Дан обзор исследований реакции изатина и его производных с ароматическими и гетероциклическими о-диаминами. Рассмотрен механизм этой реакции и методы идентификации ее продуктов.

Библиография — 57 ссылок.

### ОГЛАВЛЕНИЕ

I. Введение	228
II. Реакция изатина и его производных с ароматическими о-диаминами	228
III. Реакция изатинов с гетероциклическими о-диаминами	232
IV. Механизм реакции изатинов с о-диаминами	233
V. Методы идентификации продуктов реакции	234

### I. ВВЕДЕНИЕ

Реакция изатина и его производных с ароматическими и гетероциклическими о-диаминами, открытая в 1886 г. Гинзбергом<sup>1</sup>, является важным методом синтеза конденсированных гетероароматических систем, в частности аналогов пурина, а также гетерополимеров. Продукты реакции изатинов с ароматическими и гетероциклическими о-диаминами представляют значительный интерес как биологически активные (анти-метаболиты<sup>2</sup>, бактерицидные<sup>3-6</sup>, противогрибковые<sup>7</sup>, противосудорожные и др.) вещества<sup>2-15</sup>, катализаторы в цветной фотографии<sup>16</sup>, красители для шерсти<sup>17</sup> и полидентатные лиганды, способные образовывать металлохелаты, стабилизированные внутримолекулярными водородными связями<sup>18-21</sup>, представляющие интерес в качестве избирательных экстрагентов<sup>22</sup>.

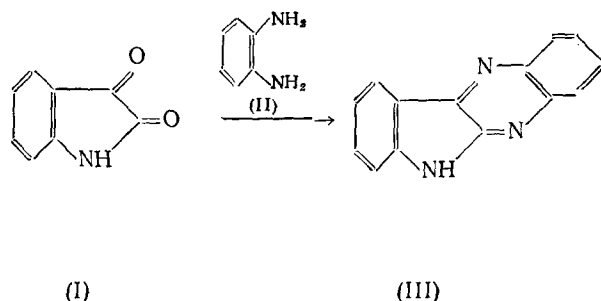
Долгие годы считалось, что конденсация изатинов с о-диаминами всегда приводит к производным индоло[2,3-*b*]хиноксалина, однако новейшие данные<sup>15, 20, 21, 23</sup> свидетельствуют о том, что эта реакция протекает не однозначно и, в зависимости от условий ее проведения и строения исходных соединений, образуются не только производные индоло[2,3-*b*]хиноксалина, но и *спиро*-соединения.

В связи с тем, что в последние годы реакция конденсации изатинов с о-диаминами привлекает все большее внимание исследователей, представляется целесообразным, с учетом последних данных, обобщить опыт исследований этой реакции и уделить необходимое внимание спектральным методам идентификации образующихся соединений.

### II. РЕАКЦИЯ ИЗАТИНА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ С АРОМАТИЧЕСКИМИ о-ДИАМИНАМИ

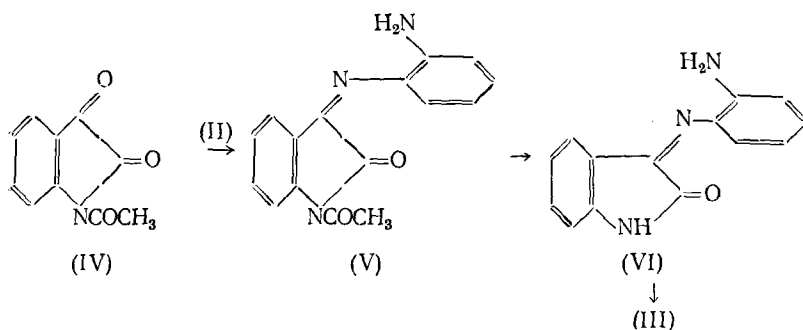
Одним из первых реакцию изатина (I) и его производных с ароматическими о-диаминами (II) исследовали Шунк и Мархлевский<sup>24-28</sup>, в связи с изучением свойств изатина. В результате этих работ был полу-

чен индоло[2,3-*b*]хиноксалин (III) и некоторые его производные.

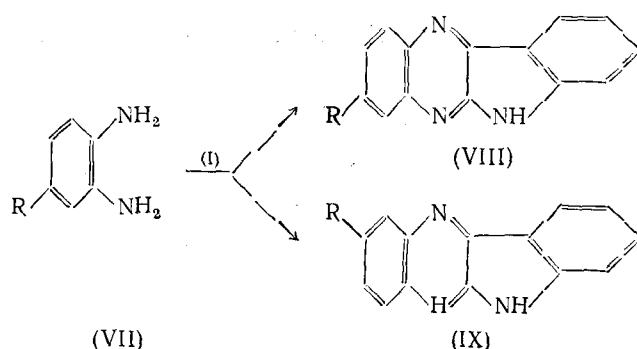


Впоследствии в качестве реагентов в этой реакции использовались с одной стороны изатин<sup>1, 15, 17, 21, 23, 24, 27-35</sup>, N-замещенные<sup>6, 23, 28, 30</sup>, алкил- и алкокси-<sup>12, 25, 31, 36-38</sup>, галоген-<sup>17, 24, 25, 34, 36, 37</sup>, нитро-<sup>17, 34, 36, 37</sup>, нафт-<sup>37</sup>, гидрированные изатины<sup>39, 40</sup> и изатинкарбоновые кислоты<sup>8</sup>, а с другой стороны — *o*-фенилендиамин<sup>6, 8, 12, 24-26, 28, 30, 31, 36, 38-42</sup>, *o*-аминоалкиланилины и их соли<sup>27, 28, 34, 37, 43-47</sup>, моно- и диалкил(алкокси)-<sup>1, 17, 21, 26, 28, 33</sup>, моно- и дигалоген-<sup>17</sup>, галогеналкил-<sup>29</sup>, галогеннитро-<sup>37</sup>, нитро-*o*-фенилендиамин<sup>31, 37</sup>, *o*-диаминобензойные кислоты<sup>28</sup> и *o*-нафтилендиамин<sup>23</sup>. Реакцию проводят обычно в водной или безводной уксусной кислоте<sup>23-25, 33</sup> и этаноле<sup>15, 23, 48</sup>, реже в водном этаноле<sup>38, 48</sup>, бензоле<sup>32, 33</sup>, полифосфорной кислоте<sup>49, 50</sup> или без растворителя<sup>1</sup>.

При конденсации 1-ацетилизатина (IV) с *o*-фенилендиамином Шунк и Мархлевский<sup>38</sup> получили ацетилгидразон (V), который гидролизом был превращен в гидразон (VI), а последний циклизован в 6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалин (III). Аналогичные гидразоны были получены при взаимодействии 1-ацетилизатина и с другими ароматическими *o*-диаминами<sup>36</sup>.

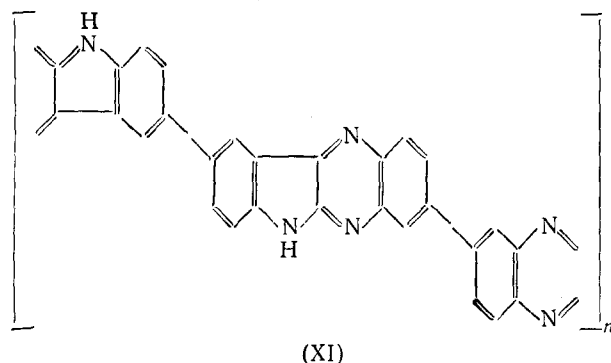
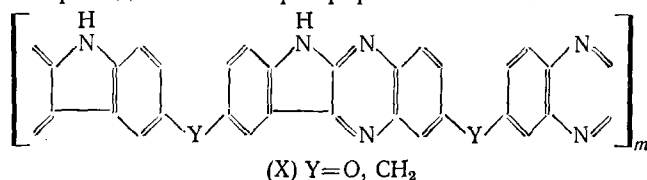


При взаимодействии несимметричных *o*-диаминов (VII) с изатином (I) и его производными имеется возможность образования структурных изомеров (VIII), (IX); однако, как правило, один из изомеров является преобладающим продуктом<sup>17</sup>, и лишь при взаимодействии изатина с 4-этоксиди-*o*-фенилендиамином<sup>28</sup> и 5-бром-7-нитроизатина с 4-метоксиди-*o*-фенилендиамином<sup>17</sup> были получены оба изомера примерно в равных количествах.

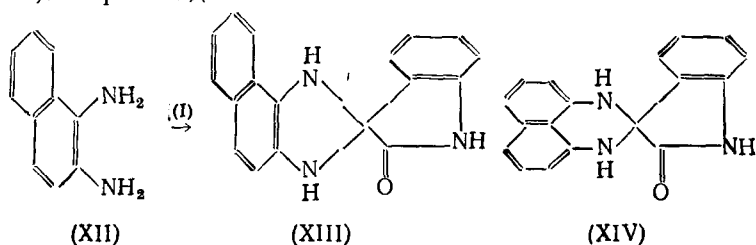


Следует отметить, что строение всех индоло [2,3-*b*] хиноксалинов, полученных в результате реакции изатиннов с несимметричными *o*-диаминнами, не доказано.

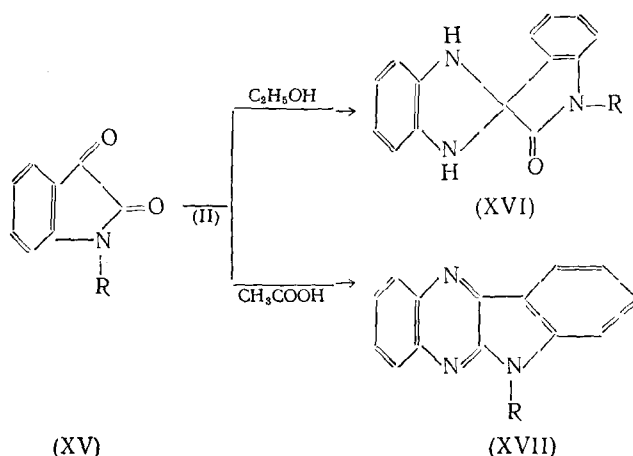
Использование в качестве реагентов в этой реакции с одной стороны оксо-5,5'-биизатил<sup>49, 50</sup> и 5,5'-биизатил<sup>51</sup>, а с другой стороны — оксо-бис(3,4-диаминобензола)<sup>50</sup>, 4,4'-метилден-бис(*o*-фенилендиамина)<sup>49</sup> и 3,3-диаминобензидина позволило получить гетерополимеры (X), (XI). Конденсацию проводили в полифосфорной кислоте.



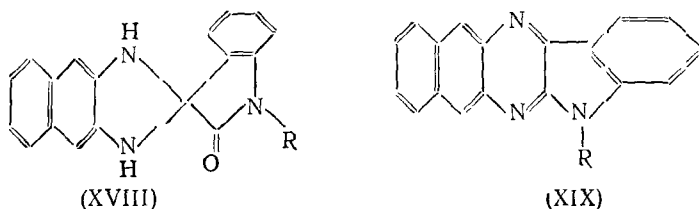
До 1958 г. считалось, что единственными продуктами реакции изатиннов с *o*-диаминнами являются производные индоло [2,3-*b*] хиноксалина. Однако Хензеке и Лемке<sup>48</sup> установили, что конденсация 1,2-нафтилендиамина (XII) с изатином (I) протекает с выделением одной молекулы воды. Для продукта этой реакции авторы предложили<sup>48</sup> *спиро*-структуру (XIII), по аналогии с соединением (XIV), полученным ранее Захсом<sup>52</sup> из 1,8-нафтилендиамина и изатина.



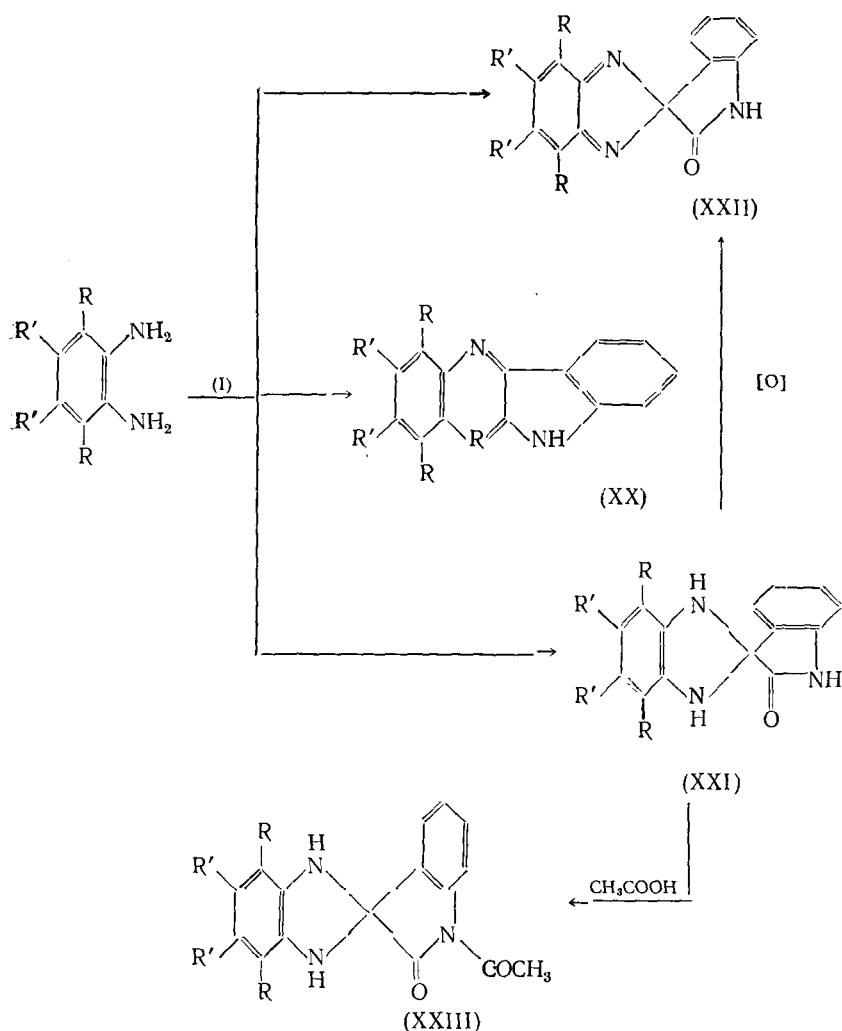
Позже Попп<sup>15-23</sup> показал, что в зависимости от реагентов и условий проведения реакции (растворитель) могут образовываться либо линейные продукты, либо *спиро*-соединения, либо те и другие одновременно. Так, например, при взаимодействии 1-метилизатина (XV) с *о*-фенилендиамин (II) в этаноле образуется 1'-метилспиро[бензимидазолин-2,3'-индолин]-2'-он (XVI), а в разбавленной уксусной кислоте — 6-метилиндоло[2,3-*b*]хиноксалин (XVII).



Аналогично протекает реакция 1-метилизатина с 2,3-диаминонафталином. В противоположность реакции 1-метилизатина с 2,3-диаминонафталином, последний при взаимодействии с 1-ацетилизатином в этаноле образует смесь *спиро*-соединения (XVIII) и 8,9-бенз-6-ацетилиндоло[2,3-*b*]хиноксалина (XIX), а при взаимодействии 9,10-диаминофенантрена с 1-ацетилизатином, в противоположность реакции последнего с *о*-фенилендиамин, в уксусной кислоте образуется только *спиро*-соединение.



Исследование реакции 3,6- и 4,5-ди-*n*-бутокс-*о*-фенилендиамина с изатином показало<sup>21, 33</sup>, что наряду с производными индоло[2,3-*b*]хиноксалина (XX) и *спиро*[бензимидазолин-2,3'-индолин]-2'-она (XXI), образуются производные *спиро*[2H-бензимидазоло-2,3'-индолин]-2'-она (XXII). При взаимодействии 3,6-ди-*n*-бутокс-*о*-фенилендиамина с изатином (I) в 50%-ной уксусной кислоте образуется смесь, состоящая из индоло[2,3-*b*]хиноксалина ((XX), R=*n*-BuO), и *спиро*-соединений ((XXI), (XXII), R=*n*-BuO, R'=H), а в бензоле, в присутствии уксусной кислоты, образуется только *спиро*-соединение ((XXI), R=*n*-BuO, R'=H). Смесь продуктов, образующаяся в результате этой реакции, легко разделяется благодаря различной растворимости этих соединений в водно-спиртовых растворах щелочей и бензоле. *Спиро*-соединение ((XXI) R=*n*-BuO) окисляется в *спиро*-соединение ((XXII), R=*n*-BuO, R'=H) окисью серебра (I) и ацилируется 80%-ной уксусной кислотой до ацетильного производного ((XXIII), R=*n*-BuO, R'=H).



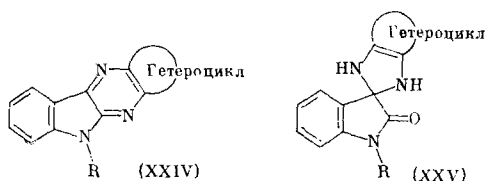
В отличие от 3,6-ди-*n*-бутоксид-*o*-фенилендиамин, при взаимодействии 4,5-ди-*n*-бутоксид-*o*-фенилендиамин с изатином (I) в 50%-ной уксусной кислоте образуется только индоло [2,3-*b*]хиноксалин ((XX), R=H, R'=n-BuO) и *спиро*-соединение ((XXII), R=H, R'=n-BuO), а при взаимодействии этих соединений в бензоле, в присутствии уксусной кислоты, образуется только индоло[2,3-*b*] хиноксалин ((XX), R=H, R'=n-BuO).

### III. РЕАКЦИЯ ИЗАТИНОВ С ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИМИ *o*-ДИАМИНАМИ

В качестве гетероциклических *o*-диаминов в этой реакции использовались 1,2-диамино-4-фенил-5-*n*-пропилимидазол<sup>32</sup>, 2,3- и 3,4-диаминопиридин<sup>23</sup>, 4,5-диаминопиримидин<sup>15, 23</sup> и его производные<sup>23, 33</sup> и 4,5-диаминобензотриазол<sup>33</sup>, в результате чего была получена целая серия гетероциклических систем.

При взаимодействии изатинов с гетероциклическими *o*-диаминами, в отличие от реакции с ароматическими *o*-диаминными, получены только аналоги индоло[2,3-*b*] хиноксалина (XXIV) и *спиро*[бензимидазолин-

2,3'-индолин]-2'-она (XXV).

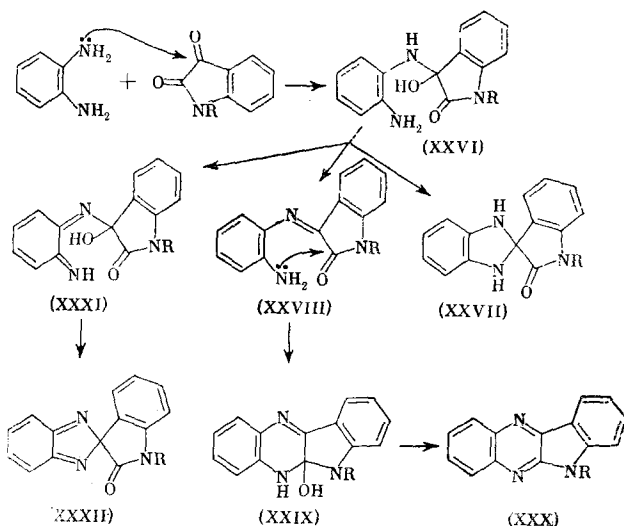


Строение исходных соединений и условия проведения реакции сильно влияют на направление последней. Так при взаимодействии 1,2-диамино-4-фенил-5-*n*-пропилмидазола<sup>32</sup>, 4,5-диаминобензтиазола<sup>53</sup> и некоторых производных 4,5-диаминопиримидина<sup>33</sup> с изатином получены только линейные продукты (XXIV). При взаимодействии 4,5-диамино-1,3-диметилурацила<sup>23</sup> с изатином в уксусной кислоте получен *спиро*-продукт (XXV), а при взаимодействии с 1-ацетилизатином — линейный продукт (XXIV).

3,4-Диаминопиридин при взаимодействии с изатином в этаноле дает линейный продукт (XXIV), а 2,3-диаминопиридин и 4,5-диаминопиримидин в тех же условиях дали *спиро*-соединение (XXV)<sup>15</sup>; 2,3- и 3,4-диаминопиридин и 4,5-диаминопиримидин с 1-ацетилизатином образуют также *спиро*-соединение (XXV)<sup>15</sup>.

#### IV. МЕХАНИЗМ РЕАКЦИИ ИЗАТИНОВ С *o*-ДИАМИНАМИ

На основании рассмотренных работ можно предложить следующий механизм взаимодействия *o*-диаминов с изатинами. Первой стадией этой реакции является образование оксисоединения (XXVI), которое, теряя молекулу воды, превращается либо в *спиро*[бензимидазолин-2,3'-индолин]-2'-он (XXVII), либо в основание Шиффа (XXVIII).



Следует отметить, что образование основания Шиффа (XXVIII) наблюдали Шунк и Мархлевский<sup>36, 38</sup> при взаимодействии 1-ацетилизатина с ароматическими *o*-диаминными.

Основание Шиффа (XXVIII) циклизуется в окси-соединение (XXIX), которое, выделяя молекулу воды, превращается в индоло[2,3-*b*]хиноксалин (XXX).

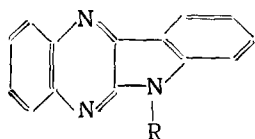
Образование *спиро*[2-Н-бензимидазоло-2,3'-индолин]-2'-она (XXXII) можно представить, как окисление в ходе реакции окиссоединения (XXVI) до соединения (XXXI), которое циклизуется с выделением молекулы воды до *спиро*-соединения (XXXII). Такой механизм образования *спиро*-соединения (XXXII) можно представить исходя из того, что последнее не образуется в ходе реакции из *спиро*-соединения (XXII)<sup>33</sup>.

#### V. МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОДУКТОВ РЕАКЦИИ

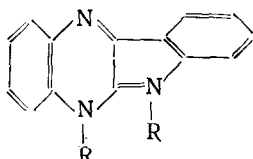
В связи с тем, что реакция изатинов с *о*-диаминами протекает неоднозначно и, в зависимости от условий ее проведения и исходных соединений, могут образовываться не только изомерные индоло[2,3-*b*]хиноксалины (VIII), (IX), но и *спиро*-соединения (XXI), (XXII), встает вопрос о идентификации продуктов этой реакции.

**УФ-спектры.** УФ-спектры производных индоло[2,3-*b*]хиноксалина изучали ряд исследователей<sup>33, 35, 42, 54—56</sup>, однако систематические исследования были проведены только Беджером и Нельсоном<sup>56</sup>, которые изучили УФ-спектры 6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалина и его N-метильных производных в нейтральной, кислой и щелочной средах.

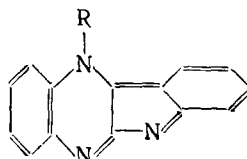
Индоло[2,3-*b*]хиноксалин теоретически может существовать в виде трех таутомерных форм (XXXIII) — (XXXV). Сравнивая его УФ-спектры со спектрами N-метильных производных, авторы показали<sup>56</sup>, что индоло[2,3-*b*]хиноксалин преимущественно находится в 6Н-форме ((XXXIII)R-H), так как его УФ-спектр очень похож на спектр 6-метилиндоло[2,3-*b*]хиноксалина и сильно отличается от спектра 5-метилиндоло[2,3-*b*]хиноксалина в области 400—520 нм.



(XXXIII)



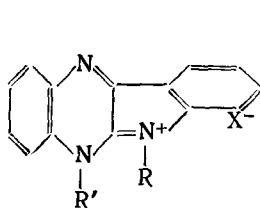
(XXXIV)



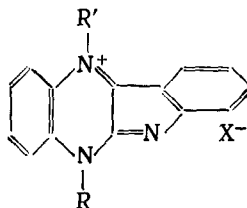
(XXXV)

Спектр индоло[2,3-*b*]хиноксалина в растворе едкого натра подобен спектру 5-метилиндоло[2,3-*b*]хиноксалина, следовательно в анионе индоло[2,3-*b*]хиноксалина значительная часть отрицательного заряда локализована на азоте в положении 5.

Исследование спектров четвертичных солей, полученных протонированием и метилированием индоло[2,3-*b*]хиноксалина, показало, что 6-метилиндоло[2,3-*b*]хиноксалин метилируется и протонируется в положение 5 с образованием соли (XXXVI),  $R=R'=\text{CH}_3$ ;  $R=\text{CH}_3$ ,  $R'=\text{H}$ . Протонирование 6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалина также идет в положение 5, однако для такой соли возможна таутомерия, и в растворе вероятно присутствуют обе формы (XXXVI), (XXXVII),  $R=R'=\text{H}$ .



(XXXVI)



(XXXVII)

Метилирование 6Н-индола[2,3-*b*]хиноксалина метил-*n*-толуолсульфонатом и иодистым метилом, как и его протонирование *n*-толуолсульфокислотой и HI приводит к 5-метил-11Н-индола[2,3-*b*]хиноксалиний-йодиду или *n*-толуолсульфонату (XXV)  $R=CH_3$ ,  $R'=H$ ,  $X=CH_3C_6H_4SO_3^-$ ,  $I^-$ . Следует отметить, что метилирование 6Н-индола[2,3-*b*]хиноксалина иодистым метилом или диметилсульфатом в присутствии щелочи, как и метилирование диазометаном, всегда дает смесь 5- и 6-метилиндола[2,3-*b*]хиноксалинов. Образования при этом 11-метилиндола [2,3-*b*]хиноксалина никогда не наблюдалось<sup>56</sup>.

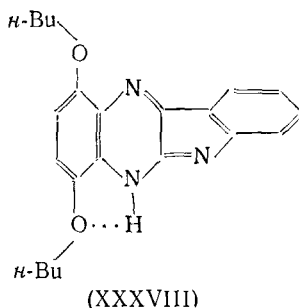
5-Метилиндола[2,3-*b*]хиноксалин метилируется в положение 11 с образованием 5,11-диметилиндола[2,3-*b*]хиноксалиний-*n*-толуолсульфоната (XXXVII),  $R=R'=CH_3$ ,  $X=CH_3C_6H_4SO_3^-$ . УФ-спектр последнего подобен УФ-спектру протонированного 5-метилиндола[2,3-*b*]хиноксалина, поэтому протонирование последнего также идет, по-видимому, в положение 11 ((XXXVI),  $R=CH_3$ ,  $R'=H$ ,  $X=CH_3C_6H_4SO_3^-$ ).

Таким образом, УФ-спектры могут быть с успехом использованы для идентификации *N*-алкилиндола[2,3-*b*]хиноксалинов.

**ИК-спектры.** Из-за слабой растворимости в соответствующих растворителях большинства известных индола[2,3-*b*]хиноксалинов и спиро[2Н-бензимидазола-2,3'-индолин]-2'-онов, их ИК-спектры изучены не были.

Представляют интерес данные ИК-спектров, полученные в работах<sup>21, 33</sup>, так как они позволяют обсудить строение некоторых индола[2,3-*b*]хиноксалинов и показывают возможность использования ИК-спектроскопии для идентификации продуктов реакции изатинов с *o*-диаминами.

ИК-спектры разбавленных растворов индола[2,3-*b*]хиноксалинов (XX) в хлороформе имеют полосы поглощения, характерные для валентных колебаний неассоциированной связи N—H,  $3425\text{ см}^{-1}$  и  $3432\text{ см}^{-1}$ . Это свидетельствует о том, что (XX) находятся в 6Н-форме, так как в противном случае в ИК-спектре индола[2,3-*b*]хиноксалина ((XX),  $R=n\text{-BuO}$ ,  $R'=H$ ), по сравнению с индола[2,3-*b*]хиноксалином ((XX);  $R=H$ ,  $R'=n\text{-BuO}$ ), следовало бы ожидать сильное смещение  $\nu_{NH}$  в длинноволновую область за счет образования внутримолекулярной водородной связи (XXXVIII).

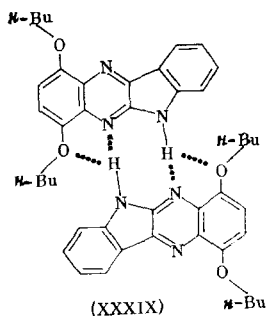


6Н-Форму соединений (XX) подтверждают также их УФ-спектры<sup>33</sup>, которые не имеют полос поглощения в длинноволновой области спектра.

ИК-спектры твердых образцов индола[2,3-*b*]хиноксалинов (XX) в области валентных колебаний связи N—H сильно отличаются<sup>21</sup> друг от друга для разных заместителей. В то время как в спектре соединения (XX) при  $R=H$ ,  $R'=n\text{-BuO}$  имеется широкая полоса поглощения в области  $3000\text{—}3300\text{ см}^{-1}$ , с тонкой структурой, характерной для полиассо-



циатов, в спектре соединения (XX) при  $R=n\text{-BuO}$ ,  $R'=H$ , в этой области имеется одна уширенная полоса при  $3230\text{ см}^{-1}$ , которая соответствует, по-видимому, димеру. Следует отметить, что для димера соединения (XX) при  $R=n\text{-BuO}$ ,  $R'=H$  возможна реализация двух трехцентровых водородных связей (XXXIX).



В связи с тем, что случаи образования «чисто» трехцентральной водородной связи весьма редки, представляло бы несомненный интерес провести рентгеноструктурные исследования этого соединения.

ИК-спектр *спиро*-соединения (XXI),  $R=n\text{-BuO}$ ,  $R'=H$ , имеет полосу поглощения при  $1668\text{ см}^{-1}$  (Амид-1) и две полосы в области валентных колебаний связи  $N-H$ . По их интенсивностям сделано отнесение<sup>33</sup>: полоса при  $3454\text{ см}^{-1}$  ( $\epsilon=147$ ) — полоса валентных колебаний связи  $N-H$  индолинового цикла, а при  $3370\text{ см}^{-1}$  ( $\epsilon=428$ ) — полоса валентных колебаний связей  $N-H$  бензимидазолинового цикла. При ацилировании этого соединения полоса при  $3454\text{ см}^{-1}$  исчезает, а полоса при  $3370\text{ см}^{-1}$  остается без изменения. Это указывает на ацилирование *спиро*-соединения (XXI),  $R=n\text{-BuO}$ ,  $R'=H$ , по группе  $NH$  индолинового цикла с образованием соединения (XXIII),  $R=n\text{-BuO}$ ,  $R'=H$ .

ИК-спектры *спиро*-соединений (XXII)<sup>33</sup> содержат полосы валентных колебаний связи  $N-H$  индолинового цикла при  $3390\text{ см}^{-1}$ , а полосы (Амид-1) — при  $1732$  и  $1721\text{ см}^{-1}$ .

**Масс-спектрометрия.** Наиболее подробно масс-спектры производных индоло[2,3-*b*]хиноксалина и *спиро*[2Н-бензимидазоло-2,3'-индолин]-2'-она исследованы в работах<sup>21, 33, 57</sup>, в которых они успешно использованы для идентификации продуктов реакции изатинов с ароматическими и гетероциклическими *о*-диаминными.

Масс-спектры продуктов реакции изатинов с *о*-диаминными содержат интенсивные пики молекулярных ионов. Основные направления распада производных индоло[2,3-*b*]хиноксалина, *спиро*[2Н-бензимидазоло-2,3'-индолин]-2'-она и *спиро*[бензимидазолин-2,3'-индолин]-2'-она при диссоциативной ионизации рассмотрены подробно в работах<sup>21, 33, 57</sup>.

В заключение следует подчеркнуть, что реакция изатинов с ароматическими и гетероциклическими *о*-диаминными протекает не однозначно, в результате чего она может привести к производным индоло[2,3-*b*]хиноксалина, *спиро*-соединениям или тем и другим соединениям одновременно. Изучение УФ-, ИК- и масс-спектров производных индоло[2,3-*b*]хиноксалина, его аналогов и *спиро*[2Н-бензимидазоло-2,3'-индолин]-2'-она показало, что эти методы в ряде случаев могут успешно использоваться для идентификации соединений, образующихся в результате реакции конденсации изатинов с *о*-диаминными.

Следует отметить, что к ряду работ, выполненных без учета последних данных и доказательства строения полученных соединений, следу-

ет относиться критически, так как продуктам реакции изатинов с о-ди-аминами без доказательства их индивидуальности и строения по установившейся традиции присваивалась структура производных индоло[2,3-*b*]хиноксалина.

Систематически эта реакция не исследовалась, анализ же рассмотренных в данном обзоре работ не позволяет выявить закономерностей образования производных индоло[2,3-*b*]хиноксалина и *спиро*-соединений в зависимости от условий проведения этой реакции и строения исходных реагентов, поэтому исследование последней представляет несомненный интерес как в практическом, так и в теоретическом аспекте.

## ЛИТЕРАТУРА

1. O. Hinsberg, Ber., 19, 483 (1886).
2. R. P. Triolo, Dissertation Abstr., 20, 1597 (1959); C. A., 54, 4595 (1960).
3. H. O. J. Collier, P. D. Waterhouse, Brit. J. Pharmacol., 7, 161 (1952).
4. Пат. США 2556574 (1951); C. A., 46, 3092 (1952).
5. K. Katagiri, Shionogi Kenkyusho Nempo, 16, 52 (1966).
6. F. Knotz, Sci. Pharmacol., 38, 20 (1970).
7. T. Zsolonai, Biochem. Pharmacol., 11, 995 (1962).
8. N. P. Buu-Hoi, R. Royer, J. J. Jouin, J. Lecoeq, D. Guettier, Bull. Soc. chim. France, 1947, 128.
9. H. O. J. Collier, P. D. Waterhouse, Ann. Trop. Med. Parasitol., 44, 156 (1950).
10. H. O. J. Collier, N. P. Campbell, M. E. H. Fitzgerald, Nature, 165, 1004 (1950).
11. Пат. США 2581889 (1952); C. A., 46, 7594 (1952).
12. N. P. Buu-Hoi, R. Royer, B. Eckart, P. Jacquignon, J. Chem. Soc., 1952, 4867.
13. K. N. Sareen, R. P. Kohli, M. K. P. Amma, M. L. Guzral, Indian J. Physiol. Pharmacol., 6, 87 (1961).
14. H. Endo, M. Tada, K. Katagiri, Sci. Rep. Res. Inst. Tohoku Univ., C13, 12 (1966).
15. F. P. Popp, J. Heterocyclic Chem., 9, 1399 (1972).
16. Англ. пат. 687768 (1953); РЖХим., 55, 35922 (1955).
17. S. K. Guha, K. D. Banerji, K. K. Sen, J. Indian Chem. Soc., 50, 264 (1973).
18. V. M. Dziomko, O. V. Ivanov, V. N. Avilina, A. V. Ivashchenko, T. S. Kazakova, Proc. XV Internat. Conf. on Coordination Chemistry, Moscow, 1973, v. 2, p. 692.
19. В. М. Дзиомко, А. В. Иващенко, Тезисы докладов III Всесоюз. совещ. по химии координационных соединений кобальта, никеля и марганца, Тбилиси, 1974, стр. 67.
20. В. М. Дзиомко, А. В. Иващенко, Ж. общей химии, 45, 417 (1975).
21. А. В. Иващенко, Кандид. дисс., ВНИИ ИРЕА, М., 1973.
22. В. М. Дзиомко, А. В. Иващенко, В. Н. Авилина, Л. И. Никольская, Ж. неорганич. химии, 19, 3449 (1974).
23. F. D. Popp, J. Heterocyclic Chem., 6, 125 (1969).
24. E. Schunk, L. Marchlewski, Ber., 28, 2525 (1895).
25. E. Schunk, L. Marchlewski, Там же, 29, 201 (1896).
26. L. Marchlewski, L. G. Radcliffe, Там же, 32, 1869 (1899).
27. L. Marchlewski, L. G. Radcliffe, Там же, 34, 1113 (1901).
28. J. Buraczewski, L. Marchlewski, Там же, 34, 4010 (1901).
29. D. Prased, P. C. Dutta, Там же, 70, 2365, (1937).
30. J. Di Carlo, H. G. Lindwall, J. Am. Chem. Soc., 67, 199 (1945).
31. N. P. Buu-Hoi, P. Jacquignon, J. Chem. Soc., 1959, 3095.
32. В. М. Дзиомко, А. В. Иващенко, Химия гетероцикл. соед., 1973, 1190.
33. В. М. Дзиомко, А. В. Иващенко, Р. В. Попонина, Ж. орг. химии, 10, 1325 (1974).
34. S. K. Guha, O. P. Jha, J. Indian Chem. Soc., 45, 365 (1968).
35. L. Marchlewski, Roc. Chem., 18, 698 (1938).
36. N. P. Buu-Hoi, D. Guettier, Bull. Soc. chim. France, 1947, 586.
37. N. P. Buu-Hoi, G. Saint-Ruf, Там же, 1960, 1920.
38. F. N. Lahey, J. A. Lamberton, J. R. Price, Austral. J. Sci. Res., 34, 155 (1950).
39. L. Horwitz, J. Am. Chem. Soc., 75, 4060 (1953).
40. R. J. S. Beer, J. Hollowood, J. Chem. Soc., 1964, 991.
41. V. Q. Yen, N. P. Buu-Hoi, N. D. Xuong, J. Org. Chem., 23, 1858 (1958).
42. W. Bednarczyk, L. Marchlewski, Biochem. Z., 300, 46 (1938).
43. M. J. A. El-Haj, B. W. Dominy, J. D. Johnston, J. Org. Chem., 37, 589 (1972).
44. Англ. пат. 666788 (1952); C. A., 46, 6161 (1952).
45. E. M. Gal, Experientie, 7, 261 (1951).
46. Y. Kidani, M. Matsuo, K. Sakurai, H. Koike, Nagya Shiritsu Daigaku Yakugakubu Kenkyu Nempo, 1971, 71; C. A., 75, 110277B (1971).

47. Y. Kidani, M. Matsuo, H. Koike, Yakugaku Zasshi, 90, 54 (1970); C. A., 72, 90408c (1970).
48. G. Henseke, W. Lemke, Chem. Ber., 91, 101 (1958).
49. Яп. пат. 7040522 (1970); C. A., 74, 126522t (1971).
50. И. Шопов, Н. Попов, Высокомолекулярное соединение, Сер. В9, 15 (1967).
51. I. Shopov, N. Popov, J. Polym. Sci., A1, 7, 1803 (1969).
52. F. Sachs, Lieb. Ann., 365, 154 (1909).
53. Ю. С. Розум, С. И. Шильга, В сб. Химическое строение, свойства и реактивность органических соединений, Киев, «Наукова думка», 1969, стр. 35.
54. W. Rednarczyk, L. Marchlewski, Bull. Intern. Acad. Polon. Sci., Classe sci. math. nat., 1938A, 524.
55. G. R. Clemon, D. J. I. Felton, J. Chem. Soc., 1952, 1658.
56. G. M. Badger, P. J. Nelson, Там же, 1962, 3926.
57. R. G. Fenwick, F. D. Popp, Org. Mass. Spect., 5, 1003 (1971).

Научно-исследовательский институт  
органических полупродуктов и красителей  
Всесоюзный научно-исследовательский  
институт химических реактивов и особо  
чистых химических веществ