

У С П Е Х И Х И М И И

Т. XLVI

1977 г.

Вып. 2

УДК 547.712.22

РЕАКЦИИ ИЗАТИНА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ С АРОМАТИЧЕСКИМИ И ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИМИ *o*-ДИАМИНАМИ

A. B. Иващенко, B. M. Дзиомко

Дан обзор исследований реакции изатина и его производных с ароматическими и гетероциклическими *o*-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 <i>o</i> -диаминами	228
III. Реакция изатинов с гетероциклическими <i>o</i> -диаминами	232
IV. Механизм реакции изатинов с <i>o</i> -диаминами	233
V. Методы идентификации продуктов реакции	234

I. ВВЕДЕНИЕ

Реакция изатина и его производных с ароматическими и гетероциклическими *o*-диаминами, открытая в 1886 г. Гинзбергом¹, является важным методом синтеза конденсированных гетероароматических систем, в частности аналогов пурина, а также гетерополимеров. Продукты реакции изатинов с ароматическими и гетероциклическими *o*-диаминами представляют значительный интерес как биологически активные (антиметаболиты², бактерицидные³⁻⁶, противогрибковые⁷, противосудорожные и др.) вещества²⁻¹⁵, катализаторы в цветной фотографии¹⁶, красители для шерсти¹⁷ и полидентатные лиганды, способные образовывать металлохелаты, стабилизированные внутримолекулярными водородными связями¹⁸⁻²¹, представляющие интерес в качестве избирательных экстрагентов²².

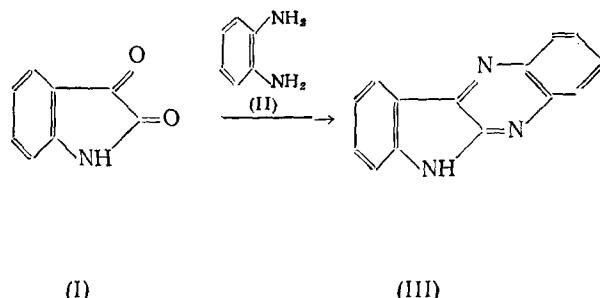
Долгие годы считалось, что конденсация изатинов с *o*-диаминами всегда приводит к производным индоло[2,3-*b*]хиноксалина, однако новые данные^{15, 20, 21, 23} свидетельствуют о том, что эта реакция протекает не однозначно и, в зависимости от условий ее проведения и строения исходных соединений, образуются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

В связи с тем, что в последние годы реакция конденсации изатинов с *o*-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 *o*-ДИАМИНАМИ

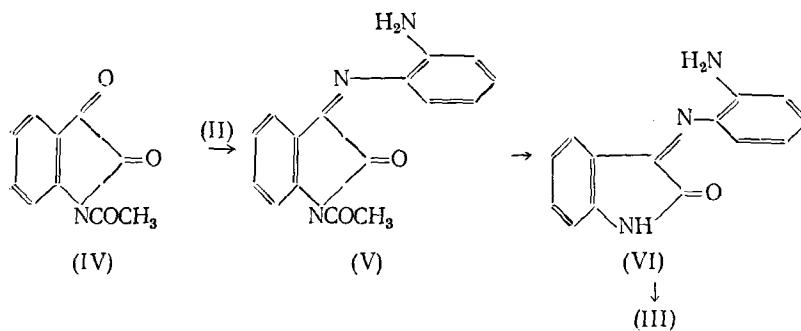
Одним из первых реакцию изатина (I) и его производных с ароматическими *o*-диаминами (II) исследовали Шунк и Мархлевский²⁴⁻²⁸, в связи с изучением свойств изатина. В результате этих работ был полу-

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

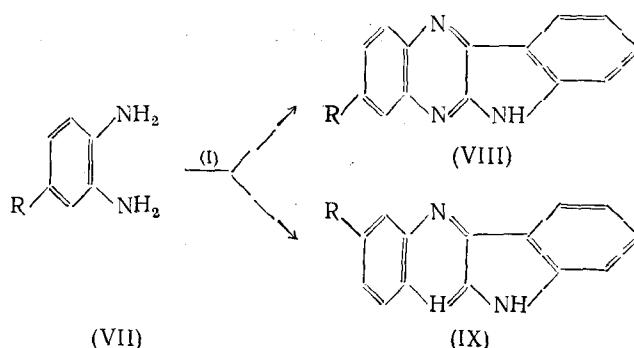


Впоследствии в качестве реагентов в этой реакции использовались с одной стороны изатин^{1, 15, 17, 21, 23, 24, 27-35}, N-замещенные^{6, 23, 28, 30}, алкил- и алкоокси-^{12, 25, 31, 36-38}, галоген-^{17, 24, 25, 34, 36, 37}, нитро-^{17, 34, 36, 37}, нафт-³⁷, гидрированные изатины^{39, 40} и изатинкарбоновые кислоты⁸, а с другой стороны — o-фенилендиамин^{6, 8, 12, 24-26, 28, 30, 31, 36, 38-42}, o-аминоалкиланилины и их соли^{27, 28, 34, 37, 43-47}, моно- и диалкил(алкоокси)-^{1, 17, 21, 26, 28, 33}, моно- и дигалоген-¹⁷, галогеналкил-²⁹, галогенитро-³⁷, нитро-o-фенилендиамины^{34, 37}, o-диаминобензойные кислоты²⁸ и o-нафтилендиамины²³. Реакцию проводят обычно в водной или безводной уксусной кислоте^{23-25, 33} и этаноле^{15, 23, 48}, реже в водном этаноле^{38, 48}, бензole^{32, 33}, полифосфорной кислоте^{49, 50} или без растворителя¹.

При конденсации 1-ацетилизатина (IV) с *o*-фенилендиамином Шунк и Мархлевский³⁸ 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*-диами-нами³⁶.

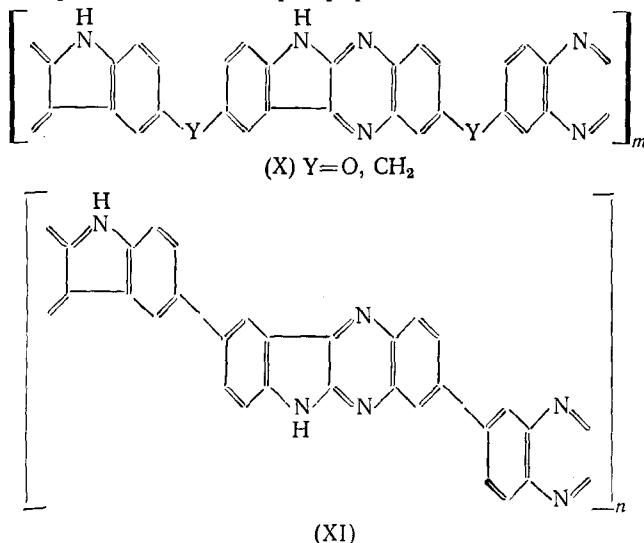


При взаимодействии несимметричных *o*-диаминов (VII) с изатином (I) и его производными имеется возможность образования структурных изомеров (VIII), (IX); однако, как правило, один из изомеров является преобладающим продуктом¹⁷, и лишь при взаимодействии изатина с 4-этокси-*o*-фенилдиамином²⁸ и 5-бром-7-нитроизатина с 4-метокси-*o*-фенилдиамином¹⁷ были получены оба изомера примерно в равных количествах.

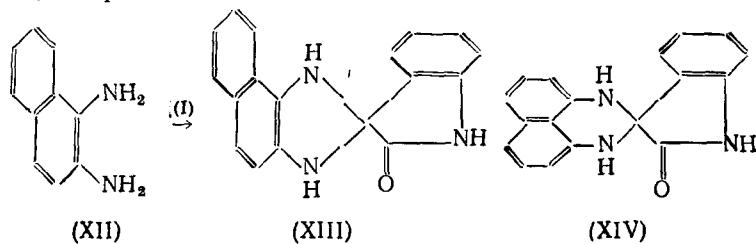


Следует отметить, что строение всех индоло [2,3-*b*] хиноксалинов, полученных в результате реакции изатинов с несимметричными *o*-диаминами, не доказано.

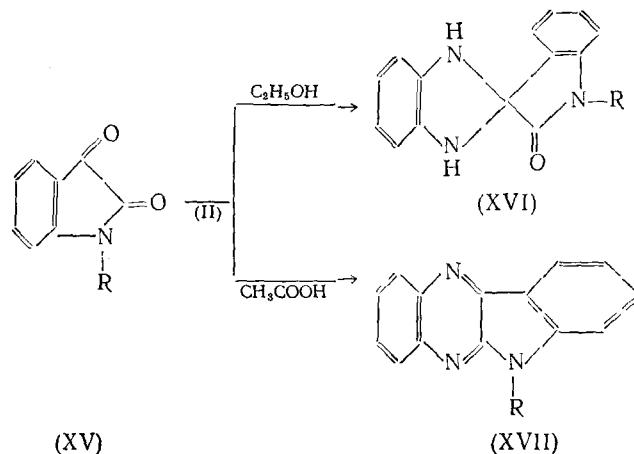
Использование в качестве реагентов в этой реакции с одной стороны оксо-5,5'-бииазатила^{49, 50} и 5,5'-бииазатила⁵¹, а с другой стороны — оксо-бис(3,4-диамиnobензола)⁵⁰, 4,4'-мethylene-бис(*o*-фенилендиамина)⁴⁹ и 3,3-диаминонбензидина позволило получить гетерополимеры (X), (XI). Конденсацию проводили в полифосфорной кислоте.



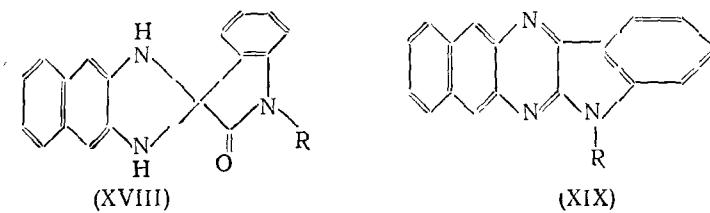
До 1958 г. считалось, что единственными продуктами реакции изатинов с *o*-диаминами являются производные индоло [2,3-*b*]хиноксалина. Однако Хензеке и Лемке⁴⁸ установили, что конденсация 1,2-нафтилендиамина (XII) с изатином (I) протекает с выделением одной молекулы воды. Для продукта этой реакции авторы предложили⁴⁸ спиро-структуру (XIII), по аналогии с соединением (XIV), полученным ранее Захсом⁵² из 1,8-нафтилендиамина и изатина.



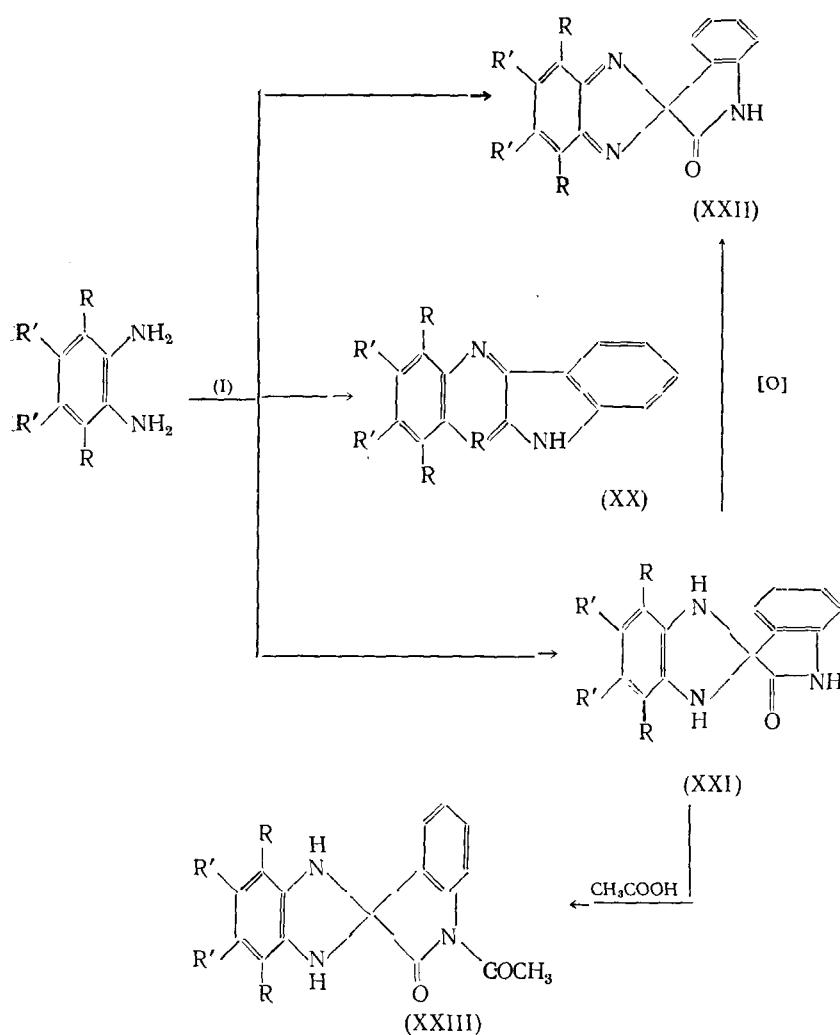
Позже Попп¹⁵⁻²³ показал, что в зависимости от реагентов и условий проведения реакции (растворитель) могут образовываться либо линейные продукты, либо *спиро*-соединения, либо те и другие одновременно. Так, например, при взаимодействии 1-метилизатина (XV) с *o*-фенилендиамином (II) в этаноле образуется 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 *o*-фенилендиамином, в уксусной кислоте образуется только *спиро*-соединение.



Исследование реакции 3,6- и 4,5-ди-*n*-бутокси-*o*-фенилendiамина с изатином показало^{21, 33}, что наряду с производными индоло[2,3-*b*]хиноксалина (XX) и *спиро*[бензимидазолин-2,3'-индолин]-2'-она (XXI), образуются производные *спиро*[2Н-бензимидазоло-2,3'-индолин]-2'-она (XXII). При взаимодействии 3,6-ди-*n*-бутокси-*o*-фенилendiамина 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*-бутокси-*o*-фенилендиамина, при взаимодействии 4,5-ди-*n*-бутокси-*o*-фенилендиамина с изатином (II) 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 бензole, 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*-пропилемидазол³², 2,3- и 3,4-диаминопиридин²³, 4,5-диаминопиримидин^{15, 23} и его производные^{23, 33} и 4,5-диаминобензтиазол³³, в результате чего была получена целая серия гетероциклических систем.

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

2,3'-индолин]-2'-она (XXV).

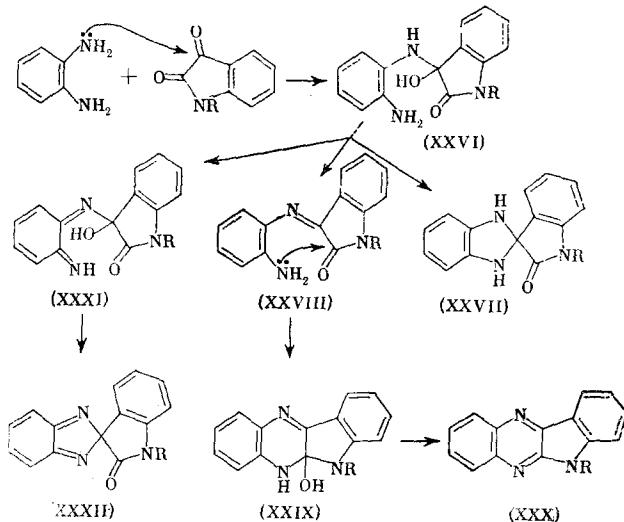


Строение исходных соединений и условия проведения реакции сильно влияют на направление последней. Так при взаимодействии 1,2-диамино-4-фенил-5-н-пропилимидазола³², 4,5-диаминобензтиазола³³ и некоторых производных 4,5-диаминопirimидина³³ с изатином получены только линейные продукты (XXIV). При взаимодействии 4,5-диамино-1,3-диметилурацила²³ 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-диаминопиридин в тех же условиях дали *спиро*-соединение (XXV)¹⁵: 2,3- и 3,4-диаминопиридин и 4,5-диаминопиридин с 1-ацетилизатином образуют также *спиро*-соединение (XXV)¹⁵.

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 окси соединения (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^{36, 38} при взаимодействии 1-ацетилизатина с ароматическими *o*-диаминами.

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

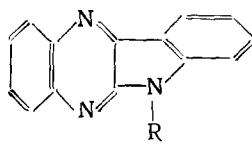
Образование *спиро*[2-Н-бензимидазоло-2,3'-индолин]-2'-она (XXXII) можно представить, как окисление в ходе реакции оксисоединения (XXVI) до соединения (XXXI), которое циклизуется с выделением молекулы воды до *спиро*-соединения (XXXII). Такой механизм образования *спиро*-соединения (XXXII) можно представить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

V. МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОДУКТОВ РЕАКЦИИ

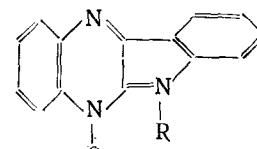
В связи с тем, что реакция изатинов с *o*-диаминами протекает неоднозначно и, в зависимости от условий ее проведения и исходных соединений, могут образовываться не только изомерные индоло[2,3-*b*]хиноксалины (VIII), (IX), но и *спиро*-соединения (XXI), (XXII), встает вопрос о идентификации продуктов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

УФ-спектры. УФ-спектры производных индоло[2,3-*b*]хиноксалина изучали ряд исследователей^{33, 35, 42, 54-56}, однако систематические исследования были проведены только Беджером и Нельсоном⁵⁶, которые изучили УФ-спектры 6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалина и его N-метильных производных в нейтральной, кислой и щелочной средах.

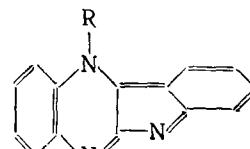
Индоло[2,3-*b*]хиноксалин теоретически может существовать в виде трех таутомерных форм (XXXIII) — (XXXV). Сравнивая его УФ-спектры со спектрами N-метильных производных, авторы показали⁵⁶, что индоло[2,3-*b*]хиноксалин преимущественно находится в 6Н-форме (XXXIII) R-H, так как его УФ-спектр очень похож 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)



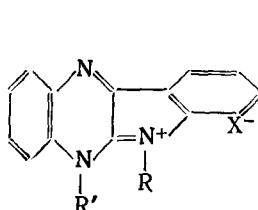
(XXXIV)



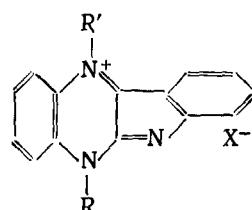
(XXXV)

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'=CH₃; R=CH₃, R'=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'=H.



(XXXVI)



(XXXVII)

Метилирование 6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалина метил-*n*-толуолсульфонатом и иодистым метилом, как и его протонирование *n*-толуолсульфокислотой и НІ приводит к 5-метил-11Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалин-11-иодиду или *n*-толуолсульфонату (XXV) $R=CH_3$, $R'=H$, $X=CH_3C_6H_4SO_3^-$, I^- . Следует отметить, что метилирование 6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалина иодистым метилом или диметилсульфатом в присутствии щелочи, как и метилирование диазометаном, всегда дает смесь 5- и 6-метилиндоло[2,3-*b*]хиноксалинов. Образования при этом 11-метилиндоло[2,3-*b*]хиноксалина никогда не наблюдалось⁵⁶.

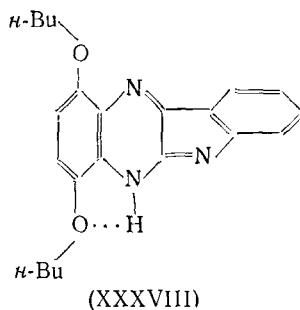
5-Метилиндоло[2,3-*b*]хиноксалин метилируется в положение 11 с образованием 5,11-диметилиндоло[2,3-*b*]хиноксалин-11-*n*-толуолсульфоната (XXXVII), $R=R'=CH_3$, $X=CH_3C_6H_4SO_3^-$. УФ-спектр последнего подобен УФ-спектру протонированного 5-метилиндоло[2,3-*b*]хиноксалина, поэтому протонирование последнего 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-алкилиндоло[2,3-*b*]хиноксалинов.

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

Представляют интерес данные ИК-спектров, полученные в работах^{21, 33}, так как они позволяют обсудить строение некоторых индоло[2,3-*b*]хиноксалинов и показывают возможность использования ИК-спектроскопии для идентификации продуктов реакции изатинов с *o*-дiamинами.

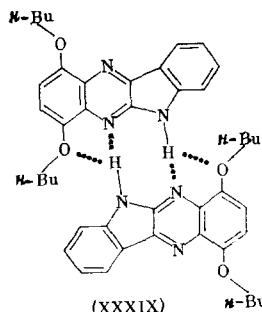
ИК-спектры разбавленных растворов индоло[2,3-*b*]хиноксалинов (XX) в хлороформе имеют полосы поглощения, характерные для валентных колебаний неассоциированной связи N—H, 3425 cm^{-1} и 3432 cm^{-1} . Это свидетельствует о том, что (XX) находятся в 6Н-форме, так как в противном случае в ИК-спектре индоло[2,3-*b*]хиноксалина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



6Н-Форму соединений (XX) подтверждают также их УФ-спектры³³, которые не имеют полос поглощения в длинноволновой области спектра.

ИК-спектры твердых образцов индоло[2,3-*b*]хиноксалинов (XX) в области валентных колебаний связи N—H сильно отличаются²¹ 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—3300 cm^{-1} , с тонкой структурой, характерной для полиассо-

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



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

ИК-спектр *спиро*-соединения (XXI), $R=n\text{-BuO}$, $R'=\text{H}$, имеет полосу поглощения при 1668 см^{-1} (Амид-1) и две полосы в области валентных колебаний связи $\text{N}-\text{H}$. По их интенсивностям сделано отнесение³³: полоса при 3454 см^{-1} ($\epsilon=147$) — полоса валентных колебаний связи $\text{N}-\text{H}$ индолинового цикла, а при 3370 см^{-1} ($\epsilon=428$) — полоса валентных колебаний связей $\text{N}-\text{H}$ бензимидазолинового цикла. При ацилировании этого соединения полоса при 3454 см^{-1} исчезает, а полоса при 3370 см^{-1} остается без изменения. Это указывает на ацилирование *спиро*-соединения (XXI), $R=n\text{-BuO}$, $R'=\text{H}$, по группе NH индолинового цикла с образованием соединения (XXII), $R=n\text{-BuO}$, $R'=\text{H}$.

ИК-спектры *спиро*-соединений (XXII)³³ содержат полосы валентных колебаний связи $\text{N}-\text{H}$ индолинового цикла при 3390 см^{-1} , а полосы (Амид-1) — при 1732 и 1721 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^{21, 33, 57}, в которых они успешно использованы для идентификации продуктов реакции изатинов с ароматическими и гетероциклическими *o*-диаминами.

Масс-спектры продуктов реакции изатинов с *o*-диаминами 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^{21, 33, 57}.

В заключение следует подчеркнуть, что реакция изатинов с ароматическими и гетероциклическими *o*-диаминами 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 *o*-диаминами.

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 *o*-диаминами без доказательства их индивидуальности и строения по установленной 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. Dziomko, А. В. Иващенко, Тезисы докладов III Всесоюзн. совещ. по химии координационных соединений кобальта, никеля и марганца, Тбилиси, 1974, стр. 67.
20. В. М. Dziomko, А. В. Иващенко, Ж. общей химии, 45, 417 (1975).
21. А. В. Иващенко, Кандид. дисс., ВНИИ ИРЕА, М., 1973.
22. В. М. Dziomko, 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. Prasad, 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. Dziomko, А. В. Иващенко, Химия гетероциклических соединений, 1973, 1190.
33. В. М. Dziomko, А. В. Иващенко, Р. В. Попонова, 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., 3A, 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, Nagoya 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*, Высокомол. соед., *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. Шульга*, В сб. Химическое строение, свойства и реактивность органических соединений, Киев, «Наукова думка», 1969, стр. 35.
54. *W. Bednarczyk, L. Marchlewski*, *Bull. Intern. Acad. Polon. Sci., Classe sci. math. nat.*, **1938A**, 524.
55. *G. R. Clemo, 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 реагентов и особо
чистых химических веществ