

Д. Г. Ким, О. В. Пряхина

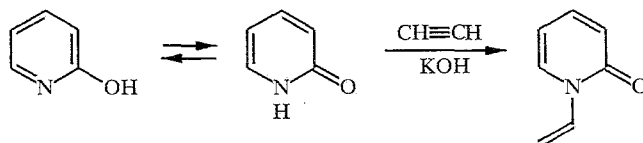
СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА N-, O-, S-ВИНИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ АЗИНОВ (ОБЗОР)

Систематизированы литературные данные по синтезу, строению и свойствам N-, O- и S-винильных производных азинов.

В литературе имеются обзоры [1—7] по синтезу и свойствам N-винилпирролов, N-винилиндолов, N-виниллактамов. Данные о синтезе и полимеризации некоторых N-винильных соединений азинового ряда приведены в работе [8]. В настоящем обзоре мы впервые обобщили методы синтеза, строение и химические свойства N-, O-, S-винильных производных азинов. Среди них и их производных найдены вещества, обладающие бактериостатическими [9], антистафилококковыми [10], туберкулоостатическими [11], канцеростатическими [12], радиозащитными [13], ихтиотоксическими [14, 15] свойствами, являющиеся противостарителями светлых резин [16], сенсibilизаторами [17—19], стабилизаторами полиуретановых композиций [20].

СИНТЕЗЫ N-ВИНИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Большое число исследований посвящено синтезу N-винильных производных 2- и 4-пиридонов и хинолонов. Впервые [21—23] 1-винил-2-пиридон и его 3- и 5-галогензамещенные были получены прямым винилированием 2-гидроксипиридина (2-пиридона) ацетиленом под давлением в присутствии щелочи.

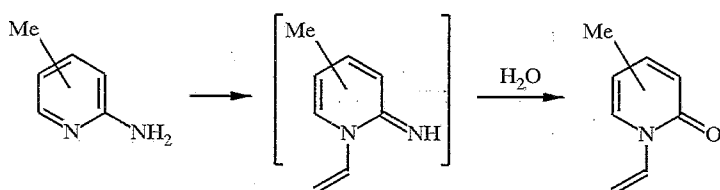


Акридон и его замещенные реагируют с этиловым эфиром пропиоловой кислоты в присутствии триэтиламина и палладиевого катализатора в атмосфере азота также с образованием N-алкенильных производных [31].

1-Винил-2- и 4-пиридоны получены перевинилированием 2- и 4-триметилсилилоксипиридинов винилацетатом в присутствии ацетата ртути и серной кислоты в атмосфере азота [32]. Перевинилирование самого 2-гидроксипиридина идет с низким выходом.

Фенилацетилен [28], гексафторбутин [29], диметиловый эфир ацетилендикарбоновой кислоты и этоксиацетилен [30] реагируют с 2-гидроксипиридином с образованием N-алкенильных производных.

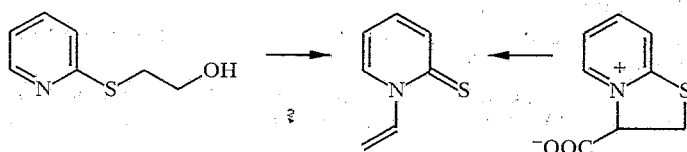
1-Винил-2-пиридон [33, 34], его 3-, 4-, 5-, 6-метильные и 5-хлорпроизводные [35], 1-винил-4-хинолон, 2-винил-1-изохинолон [27, 34, 36] были получены взаимодействием соответствующих аминотетрациклов с ацетиленом в воде или диоксане в присутствии ацетата кадмия [33, 34].



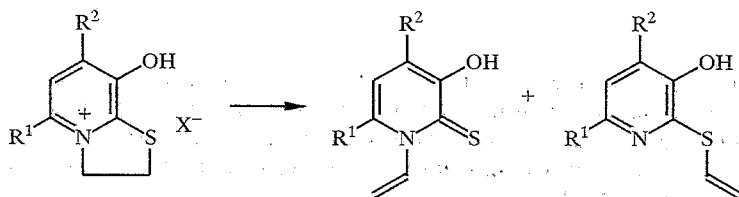
Смесь *N*-эндо- и *N*-экзо-алкенильных производных образуется при взаимодействии 2-аминопиридина с этилпропиолатом и дибензоилацетиленом [37, 38]. Аналогично осуществлены синтезы 1-винил-4-пиридола, 1-винил-4-хинола, 1-винил-4-метил-2-хинола прямым винилированием 4-пиридола, 2- и 4-хинолонов [24—27]. В присутствии щелочи 2-аминопиридин реагирует с ацетиленом с образованием 2,3-диметилимидазо[1,2-*a*]пиридина [39]. Имидазо[1,2-*a*]пиридины образуются также при взаимодействии 2-аминопиридина с диметилowym эфиром ацетилендикарбоновой кислоты и этиловым эфиром пропиоловой кислоты [40, 41]. 2-Аминопиридин реагирует с ацетиленовыми кетонами и с образованием пиридо[1,2-*a*]пиримидинов [42].

1-Винил-2-пиридон синтезирован из 1-(2-гидроксиэтил)- и 1-(2-ацетоксиэтил)-2-пиридонов [43, 44], а 1-винил-6,7-метилendioкси-4-хинолон-3-карбоновая кислота из 1-бромэтил-6,7-метилendioкси-4-хинолон-3-карбоновой кислоты [45] реакциями элиминирования.

1-Винил-2-пиридинтион получен реакциями 2-(2-этоксипиридинтио)пиридина с гидридом натрия и *p*-толуолсульфохлоридом [43] и декарбоксилированием с раскрытием цикла 3-карбоксидигидротиазоло[3,2-*a*]пиридиниевых систем [46].

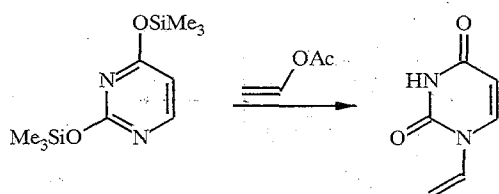


Смесь замещенных 1-винил-2-пиридинтиона и 2-винилтиопиридина образуется при взаимодействии дигидротиазоло[3,2-*a*]пиридиниевых систем с *трет*-бутилатом калия при пиролизе в вакууме в присутствии карбоната калия [47—49].

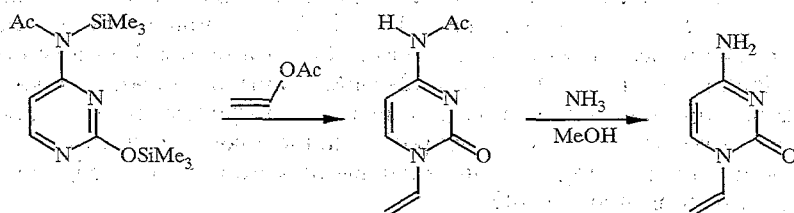


При взаимодействии солей 10-гидроксидигидротиазоло[3,2-*a*]хинолиния с *трет*-бутилатом калия образуется 1-винил-3-гидрокси-2-хинолинтион [50].

Ряд работ посвящен синтезам *N*-винилдиазинов. Так, 1-винилурацил был получен перевинилированием 2,4-бис(триметилсилилокси)пиримидина в присутствии ацетата ртути и серной кислоты, дегидрогалогенированием 1-(2-хлорэтил)урацила и циклизацией *N*-β-этоксикарилоил-*N*-винилмочевин [32, 51].



Реакцией 2,4-бис(триметилсилил)-N-ацетилцитозина с винилацетатом был получен N-ацетил-1-винилцитозин, который затем был переведен в 1-винилцитозин, а потом в 1-винилурацил [32, 51].



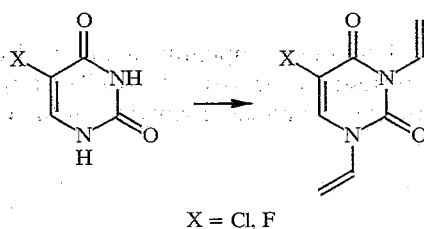
Перевинилирование самого урацила приводит к 1-винилурацилу с низким выходом [52]. В работе [53] указывается, что перевинилирование винилацетатом урацила, 3-бензоилурацила и цитозина в присутствии серной кислоты и солей ртути не идет.

1-Винилурацил, 1,3-дивинилурацил получены прямым винилированием урацилов ацетиленом под давлением в присутствии солей кадмия, меди, цинка [54, 55].

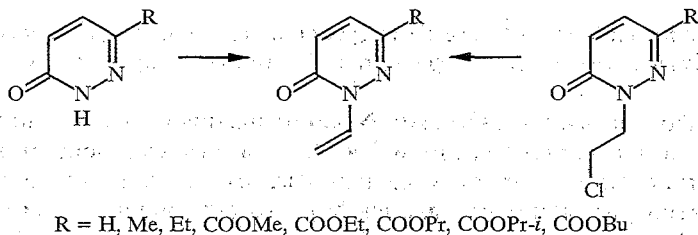
Аналогично синтезированы 6-метил-1-винилурацил, 6-метил-1,3-дивинилурацил и 1,3-дивинилазаурацил [56].

Барбитуровая кислота не образует в условиях прямого винилирования N-винильные производные [52].

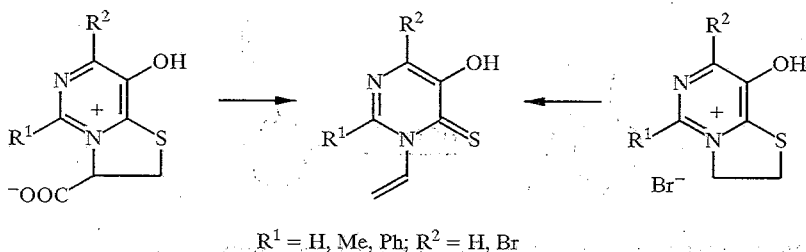
При прямом винилировании 5-хлор-, 5-фторурацилов в присутствии ацетата кадмия при 220...225 °C в диоксане, в моно- и диглиме образуются дивинильные производные [57].



2-Винил-3-пиридазоны и его замещенные получены прямым винилированием 3-пиридазонов в присутствии гидроксида калия, оксида и ацетата кадмия, оксида цинка, перевинилированием винилацетатом в присутствии ацетата ртути, дегидрохлорированием соответствующих 2-(2-хлорэтил)-3-пиридазонов [8, 58-61].



5-Гидрокси-3-винил-4(3Н)-пиримидинтионы получены при нагревании 8-гидрокситиазола [3,2-*a*]пиримидиний-3-карбоксилатов с кварцевым песком в вакууме и при действии *трет*-бутилата калия в ДМФА на бромиды 8-гидроксидигидротиазола [3,2-*c*]пиримидиния [62].



1-Винилперимидин получен винилированием пиримидина винилацетатом в присутствии ацетата ртути и серной кислоты [63].

10-Винилфенотиазин, 10-винилнафтофенотиазин были получены прямым винилированием фенотиазинов смесью ацетилена и азота во вращающемся автоклаве в присутствии амида натрия [1].

Позднее [64, 65] 10-винилфенотиазин, 10-винил-2-хлорфенотиазин были получены винилированием фенотиазинов ацетиленом под давлением при 463...468 К в присутствии калия. Фенилацетилен реагирует с фенотиазином с образованием *цис*- и *транс*-изомеров 10-стирилфенотиазина [66].

СИНТЕЗЫ О-ВИНИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

Как указывалось выше, 2- и 4-гидроксипиридины и 2- и 4-гидроксихинолины реагируют в присутствии гидроксидов щелочных металлов с ацетиленом с образованием N-винильных производных. В присутствии ацетата кадмия реакции винилирования 2- и 4-гидроксипиридинов протекают, как правило, с образованием смеси О- и N-производных [24, 67—72]. К настоящему времени этим путем синтезированы 2- и 4-винилокспиридины, 2,6-диметил-3,5-дихлор-4-винилокспиридин, 2-винилоксихинолин, 4-метил-2-винилоксихинолин, 4-винилоксихинолин, 2-метил-4-винилоксихинолин, 2,4-дивинилоксихинолин [24, 57—74].

В работах [75, 76] показано, что смесь О- и N-винильных производных 2-гидроксипиридина образуется при винилировании в присутствии ацетатов, оксидов, гидроксидов меди, цинка, ртути. Установлено, что в условиях реакции винилирования изомеризация О- и N-винильных производных не наблюдается. Смесь О- и N-винильных производных образуется также при взаимодействии этоксиацетилена с 2- и 4-гидроксипиридинами без катализатора [31].

3-Гидроксипиридин, 3-, 6- и 8-гидроксихинолины относятся к соединениям, не способным к прототропной таутомерии и реагируют с ацетиленом в присутствии как гидроксидов металлов, так и ацетата меди с образованием только О-винильных производных (3-винилокспиридин, 3-винилокси-2-метил-4-метокси-5-гидроксиметилпиридин, 3-, 6- и 8-винилоксихинолины) [67, 68, 73, 77—80].

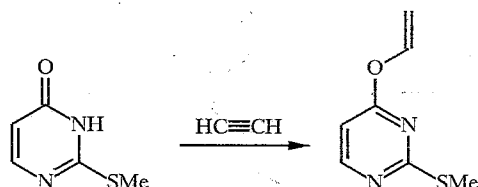
2-, 3- и 4-Винилоксиметилпиридины получены винилированием 2-, 3- и 4-гидроксиметилпиридинов ацетиленом в присутствии ацетата кадмия и щелочи [68, 81].

При взаимодействии 2-(2-гидроксиэтил)пиридина с ацетиленом в присутствии едкого кали образуется 2-винилпиридин, а в присутствии ацетата кадмия 2-(2-винилоксиэтил)пиридин [67].

Виниловые и дивиниловые эфиры пиридин- и хинолинкарбоновых кислот получены прямым винилированием соответствующих кислот ацетиленом в присутствии хлорида меди, оксида и ацетата кадмия [82, 83], а также

взаимодействием гидрохлоридов, хлорангидридов кислот с меркурбисацетальдегидом [84, 85].

При винилировании 2-метилтио-4(3H)-пиримидина получен 2-метилтио-4-винилоксопиримидин [86].

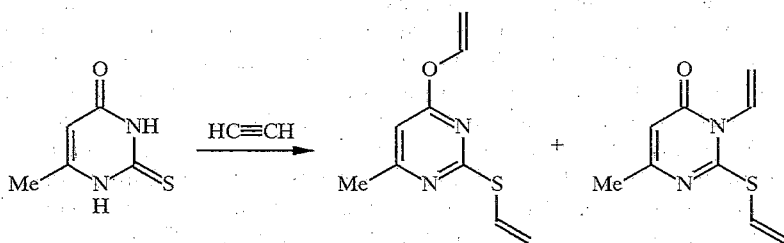


Фенилацетилен реагирует с 8-гидроксихинолином в присутствии щелочи с образованием 8-стирилоксихинолина [87], а с 2-гидроксихинолином и 2-гидроксипиридином, как указывалось выше, с образованием N-стирильных производных [28].

СИНТЕЗЫ S-ВИНИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

В отличие от 2-гидроксиазинов, 2-меркаптоазины реагируют с ацетиленом независимо от природы катализатора (гидроксиды металлов, ацетат кадмия, хлорид меди) региоселективно, с образованием только S-винильных производных. Таким путем синтезированы 2-винилтиопиридин, 2- и 4-винилтиохинолины [12, 88—92], 2-винилтиопиримидин [93].

6-Метил-2-тиоурацил реагирует с ацетиленом с образованием смеси S-, O- и S-, N-дивинильных производных [86].



Прямым винилированием ацетиленом соответствующих меркаптохинолинов в щелочной среде получены 5- и 8-винилтиохинолины, 2- и 4-метил-8-винилтиохинолины [88, 89, 95, 96].

3-Бром-5-винилтиопиридин синтезирован из 3,5-дибромпиридина и этантиолята натрия, генерированного из дивинилсульфида [94].

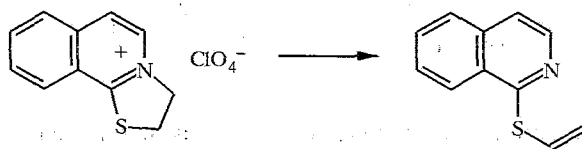
Фенилацетилен реагирует с 2-меркаптопиридином [28, 91], 2-меркаптохинолином [89, 90], 2-меркаптопиримидином [93] в щелочной среде в диоксане при 170...180 °C с образованием *цис*-изомеров S-стирильных производных.

В суперосновной среде [97, 98] реакции 2- и 8-меркаптохинолинов, 6-метил-2-тиоурацила, 2-тиоурацила, 4,6-диметил-2-меркаптопиримидина, 4,5,6-триамино-2-меркаптопиримидина с фенилацетиленом идут при 100 °C с образованием S-стирильных производных.

2-Меркаптопиридин и его замещенные реагируют с пропиоловой и фенилпропиоловой кислотами с образованием смеси *цис*- и *транс*-изомеров S-алкенильных производных, а с ацетилендикарбоновой кислотой с образованием тиазоло [3,2-*a*]пиридиниевых систем [99].

3-Гидрокси-2-винилтиопиридины и 3-гидрокси-2-винилтиохинолины в смеси с N-винильными производными получены взаимодействием дигидротиазоло [3,2-*a*]пиридиниевых и хинолиниевых систем с *трет*-бутилатом калия [47, 50].

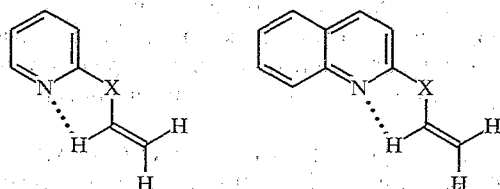
1-Винилтиоизохинолин получен разложением перхлората дигидротиазоло [2,3-*a*]изохинолиния карбонатом калия при 150...180 °C [100].



2,3,5,6-Тетрахлорпиридин-4-винилсульфон и 2-метил-3,5,6-трихлорпиридин-4-винилсульфон получены дегидрохлорированием соответствующих 4-пиридинхлорэтилсульфонов под действием триэтиламина [101, 102].

СТРОЕНИЕ

По данным спектров ЯМР ^1H , ^{13}C , ^{15}N , ^{17}O и квантово-химических расчетов, винилокси(тио)пиридины и винилокси(тио)хинолины существуют преимущественно в плоской *S-транс*-конформации [69, 88, 89]. В 2-винилокси(тио)пиридинах, 2-винилокси(тио)хинолинах, 2-винилтиопиримидинах сигнал α -протона винильной группы в спектрах ПМР аномально смещен в слабое поле. Это является одним из доказательств существования внутримолекулярной водородной связи (ВВС) $\text{C}-\text{H}\cdots\text{N}$ между α -протоном винильной группы и эндоциклическим атомом азота [74, 88, 103, 104].



$\text{X} = \text{O}, \text{S}$

В 8-винилокси(тио)хинолинах отсутствуют признаки образования ВВС $\text{C}-\text{H}\cdots\text{N}$ [103].

В отличие от незамещенных 2-, 3-, 4-винилокспиридинов, 2,4-диметил-3,5-дихлор-4-винилокспиридин и 2-метил-3-винилокси-4-метоксиметил-5-гидроксиметилпиридин существуют преимущественно в стерически напряженной *S-цис*-конформации при угле отклонения гетарильного цикла по отношению к плоскости винилокси группы порядка 60° [73].

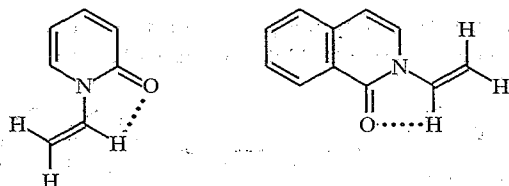
Для 5-винилтиохинолина характерно равновесие *S-цис*- и *S-транс*-форм при существенно неплоском расположении винилтиогруппы гетероцикла [88].

В виниловых эфирах пиридинового и хинолинового рядов [69 ; 74] $p-\pi$ -сопряжение с винильной группой и гетерокольцом носит конкурентный характер как и в арилвиниловых эфирах [105].

В 2- и 8-винилтиохинолинах тиовинильная группа проявляет π -донорные свойства, а в 5-винилтиохинолине — π -акцепторные [69].

Квантово-химическими методами показано, что в винилсульфидах азинового ряда две неподеленные пары электронов атома серы существенно неэквивалентны [92].

По данным спектров ЯМР ^1H , ^{13}C , в 1-винил-2-пиридоне, 1-винил-4-пиридоне, 1-винил-4-хинолоне, 3-, 4-, 5-метил- и 5-хлор-1-винил-2-пиридоне винильная группа и гетерокольцо расположены копланарно, причем винильная группа имеет *транс*-ориентацию относительно карбонильной группы [26, 35, 44]. В 1-винил-2-пиридоне и 2-винил-1-изохинолине существует специфическое внутримолекулярное взаимодействие между α -протоном винильной группы и атомом кислорода [27].



В 6-метил-1-винил-2-пиридоне из-за стерических препятствий винильная группа существенно выведена из плоскости гетероцикла [35].

В молекулах 1-винил-2-хинолона и 1-винил-2-метил-4-хинолона винильная группа также выведена из плоскости цикла из-за пространственного взаимодействия с бензольным кольцом и заместителями в орто-положении [26].

В виниловом эфире 2-пиридинкарбоновой кислоты карбонильная группа существует преимущественно в *S-транс*-(N)-конформации, а в виниловом эфире 3-пиридинкарбоновой кислоты — как в *S-транс*-, так и в *S-цис*-(N)-конформации при *син*-ориентации винильной и карбонильной групп, стабилизированной водородной связью C—H... с участием α -протона винильной группы [106].

РЕАКЦИИ

По сравнению с алкил- и арилвиниловыми эфирами [1, 105, 107, 108], алкилвинилсульфидами [1, 109], N-винилпирролами [4, 6, 110] и N-виниллактамами [5] свойства N-, O- и S-винильных производных ароматических азинов изучены значительно меньше. Винильные соединения азинового ряда имеют несколько реакционных центров, поэтому реакции могут протекать как по одному из них, так и по нескольким центрам одновременно.

Хлориды металлов реагируют с 8-винилокси(тио)хинолинами [79, 111—113], с 2-винилтиопиридином [114], виниловыми эфирами карбоновых кислот [83] с образованием комплексных соединений. Методом ИК спектроскопии, ЯМР и квантово-химическими методами [115] показано, что основным донорным центром является атом азота [114].

Йодметан реагирует с виниловым эфиром никотиновой кислоты [83] и 2-винилтиопиридином [91] с образованием четвертичных солей.

Хлористый водород реагирует в органических растворителях с 2-винилоксипиридином [75, 116], 1-винил-2-пиридоном [75, 116], 2-винилтиопиридином [91, 114], 8-винилтиохинолином [13, 15], 3-, 4-, 6-, 8-винилоксихинолином [107, 116], 1-винил-4-метил-2-хинолоном [116], с виниловыми эфирами пиридинкарбоновых кислот [84] с образованием гидрохлоридов.

Под действием водных растворов кислот винильные производные азинов гидролизуются [66, 75, 117, 118]. В работах [66, 81, 84, 117, 118] изучена кинетика кислотного гидролиза 10-винилфенотиазинов и 10-винилакридона.

Для некоторых винильных производных азинов исследованы реакции полимеризации. Данные о полимеризации винилпиридазонов, винилурацилов обобщены в работе [8]. 10-Винилфенотиазин полимеризуется как по радикальному, так и по ионному механизму [65, 119—121].

2-Винилтиопиридин [91], 8-винилтиохинолин [95], 2-винилпиридазоны [8, 60, 122—124], 1-винил-2-пиридон [75, 114] полимеризуются по радикальному механизму. 2-Винилтиохинолин и 2-винилокси-4-метилхинолин вступают в реакцию сополимеризации с диэтилмалеатом в условиях свободно-радикального иницирования [12].

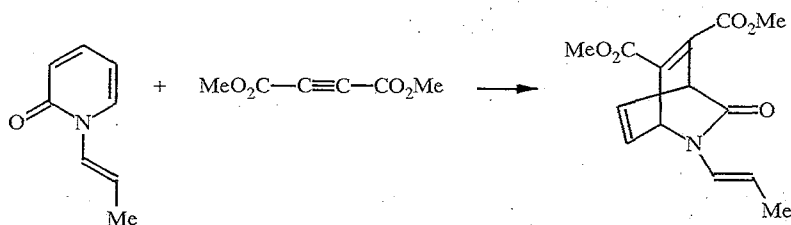
По ионному механизму под действием диоксида серы, трифторида бора полимеризуется 8-винилоксихинолин [77].

Тиолы присоединяются по радикальному механизму к 2-, 3-винилокси-метилпиридинам [125], 2-винилокси(тио)пиридинам [75, 114], 1-винил-2-пиридонам [75], 8-винилокси(тио)хинолинам [95, 126], виниловым эфирам никотиновой кислоты [83] с образованием продуктов β -присоединения.

Фенол, тиофенол, ароматические амины и спирты присоединяются к тетрахлорпиридин-4-винилсульфону по двойной связи в присутствии триэтиламина [102]. При реакции с первичными ароматическими аминами и тиолами происходит вытеснение винилсульфонильной группы с образованием 4-алкиламино- или 4-алкилтиотетрахлорпиридинов [102, 127].

6-, 8-Винилоксихинолины, 8-винилтиохинолины и 2-, 3-, 4-винилоксиметилпиридины вступают в диеновую конденсацию с акролеином с образованием дигидропиранов [78, 128].

1-(1-Пропенил)-2-пиридон вступает в реакцию Дильса—Альдера с диметилowym эфиром ацетилендикарбоновой кислоты при температуре 105 °C [129].

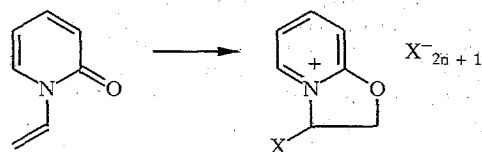


В этих же условиях 1-винил-2-пиридон в реакцию диенового синтеза не вступает, а реакция идет с образованием тетраметил-1,2,4,5-бензентетракарбоксилата [129].

В работе [130] показано, что 1-винил-2-пиридон под действием света димеризуется с участием атомов углерода в положениях 3 и 6. При облучении 1-(1-пропенил)-2-пиридона происходит циклизация с образованием оксазольного цикла [131].

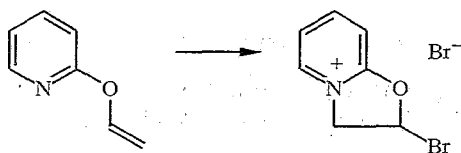
10-Винилфенотиазин реагирует с тетрацианоэтиленом в бензоле с образованием 10-(2,2,3,3-тетрациано-1-циклобутил)фенотиазина [132], а реакция 10-винилфенотиазина с хлоранилином не останавливается на стадии циклоприсоединения, а идет дальнейшее элиминирование хлористого водорода и образование 2-[2-(10-фенотиазенил)винил]-3,5,6-трихлорбензохинона [133].

Хлор и бром реагируют с 1-винил-2-пиридоном в CCl_4 с образованием 1,2-дигалогенэтильных производных [21, 116, 134, 135], а бром и йод в спиртах — с образованием галогенида 3-галоген-2,3-дигидрооксазола [3,2-*a*]пиридиния [132].



Аналогично по схеме галогенициклизации бром и йод реагируют с 1-винил-4-метил-2-хинолоном [135].

Хлорирование 2-винилоксопиридина протекает с образованием 2-(1,2-дихлорэтокси)пиридина, а бромирование — с образованием бромида 2-бром-2,3-дигидрооксазола [3,2-*a*]пиридина [136, 137].



В отличие от 2-винилоксопиридина, 2-винилтиопиридин реагирует с бромом с образованием бромида тиазола [3,2-*a*]пиридиния [138].

2-Винилтиопиридины, содержащие при β -углеродном атоме винильной группы карбонильный, алкоксикарбонильный или ацетильный заместители, реагируют с бромом с образованием дигидротиазоло- и тиазоло[3,2-*a*]пиридиниевых систем и продуктов присоединения брома по двойной связи [139].

2-Винилокси(тио)хинолины реагируют с бромом с образованием бромидов дигидрооксазола(тиазоло)[3,2-*a*]хинолиния [140, 141, 142], а 8-винилокси(тио)хинолины реагируют с бромом и йодом с образованием галогенидов 2Н-оксазола(тиазоло)[5,4,3-*i,j*]хинолиния [142, 143, 144].

При взаимодействии 2-винилоксиметилпиридина с бромом и йодом получены галогениды 3-галогенметил-1,3-дигидрооксазола[3,4-*a*]пиридиния [137], а 2-(2-винилоксиэтил)пиридина с бромом — бромид 4-бромметил-1,2-дигидро-1,4-оксазино[3,2-*a*]пиридиния [137].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Repp W.* // *Ann.* — 1956. — Bd 601. — S. 81
2. Колесников Г. С. Синтез виниловых производных ароматических и гетероциклических соединений. — М.: Изд-во АН СССР, 1960. — 303 с.
3. Вацулик П. Химия мономеров. — М.: ИЛ, 1960. — Т. 1. — 738 с.
4. Шостаковский М. Ф., Скворцова Г. Г., Домнина Е. С. // *Усп. химии.* — 1969. — Т. 38. — С. 892.
5. Сидельковская Ф. П. Химия N-винилпирролидона и его полимеров. — М.: Наука, 1970. — 150 с.
6. Трофимов Б. А., Михалева А. И. N-винилпирролы. — Новосибирск: Наука, 1984. — 262 с.
7. Трофимов Б. А., Собенина А. И., Михалева А. И. // *Итоги науки и техники. Сер. орг. хим.* — 1987. — Т. 7. — 78 с.
8. Шаталов Г. В. Мономеры и полимеры с азольными и азиновыми циклами. — Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1984. — 175 с.
9. Скворцова Г. Г., Андриянков М. А., Мансуров Ю. А., Перишин Г. Н., Гуськова Т. А. // *Хим.-фарм. журн.* — 1976. — Т. 10. — С. 22.
10. Андриянков М. А., Скворцова Г. Г., Малкова Т. И., Платонова А. Т. // *Хим.-фарм. журн.* — 1981. — Т. 15. — С. 49.
11. А. с. 2139828 / Вавилин Г. И., Вишневский Б. И., Эртевциан Л. Н., Андриянков М. А., Скворцова Г. Г. // *Б. И.* — 1977. — № 31.
12. Бирюкова Е. И., Изыкенова Г. А., Смирнов А. И. // *Хим.-фарм. журн.* — 1987. — Т. 21. — С. 155.
13. Ильиченок Т. И., Шадурский К. С., Фригидова Л. М., Лепехин В. П., Завьялова Ю. В., Аващенко И. Г., Скворцова Г. Г., Андриянков М. А., Ким Д. Г. // *Фармакология и токсикология.* — 1979. — Т. 42. — С. 396.
14. А. с. 609754 / Ким Д. Г., Судакова Э. В. // *Б. И.* — 1978. — № 21.
15. Судакова Э. В., Ким Д. Г., Скворцова Г. Г. // *Сб. науч.-исслед. трудов ГосНИИ озерного и речного рыбного хозяйства.* — Л., 1979. — Т. 146. — С. 83.
16. А. с. 690015 / Нудельман З. Н., Андриянков М. А., Гейдыш Л. С., Михайлова Г. Н., Скворцова Г. Г., Алгерт Л. Г., Идрисова А. Ф. // *Б. И.* — 1979. — № 37.
17. А. с. 972468 / Куров Г. Н., Смирнов А. И., Бабушкин В. А., Дмитриева Л. Л., Герасимова Т. Н., Фокин Е. П., Скворцова Г. Г. // *Б. И.* — 1982. — № 41.
18. Смирнов В. И., Куров Г. Н., Черкасов Ю. А., Гайнцева Л. Л. // *Ж. науч. и прикладной фотографии и кинематографии.* — 1985. — Т. 3. — С. 208.
19. Гаращенко З. М., Бородулина М. З., Скворцова Г. Г., Домнина Е. С., Андриянков М. А., Логинова В. П., Зеленкова Т. Н. // *ЖПХ.* — 1987. — Т. 60. — С. 643.
20. Андриянков М. А., Запунная К. В., Скворцова Г. Г. // *ЖПХ.* — 1986. — Т. 59. — С. 157.
21. Михантьев Б. И., Федоров Е. И. // *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* — 1959. — Т. 2. — С. 390.
22. Федоров Е. И., Михантьев Б. И., Хорошавина Г. И. // *Азотосодержащие гетероциклы.* — Рига, 1967. — Сб. 1. — С. 215.
23. Федоров Е. И., Михантьев Б. И. // *Труды Воронежского ун-та.* — Воронеж, 1989. — Т. 73. — С. 60.
24. Скворцова Г. Г., Тырина С. М., Воронов В. К. // *ХГС.* — 1971. — № 6. — С. 798.
25. Шостаковский М. Ф., Скворцова Г. Г., Тырина С. М. // *Химия ацетилена.* — М.: Наука, 1972. — С. 90.
26. Афонин А. В., Андриянков М. А., Перциков Б. З., Воронов В. К. // *ЖОрХ.* — 1986. — Т. 22. — С. 2451.
27. Афонин А. В., Ващенко А. В., Андриянков М. А., Воронов В. К., Еникеева Е. И., Дмитриева Л. Л. // *Изв. АН СССР. Сер. хим.* — 1990. — № 7. — С. 1539.

28. Андриянков М. А., Никитин М. В., Афонин А. В. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1989. — № 9. — С. 2098.
29. Шушерина Н. П., Пилипенко В. С. // ХГС. — 1984. — № 1. — С. 3.
30. Acheson R. M., Tasker P. A. // J. Chem. Soc. (C). — 1976. — N 16. — P. 1542.
31. Reisch I., Diffman S. // J. Heterocycl. Chem. — 1992. — Vol. 29. — P. 1857.
32. Kaye H., Chang S.-H. // Tetrahedron. — 1970. — Vol. 26. — P. 1369.
33. Андриянков М. А., Скворцова Г. Г. // ЖОрХ. — 1984. — Т. 20. — С. 2030.
34. Андриянков М. А., Белобрысова О. В., Чипанина Н. Н., Афонина А. В., Кухарев Б. Ф. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1986. — № 12. — С. 2747.
35. Андриянков М. А., Афонин А. В., Никитин М. В. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1989. — № 5. — С. 1176.
36. Андриянков М. А., Воронов В. К., Скворцова Г. Г. // Тез. докл. Всесоюз. совещания по химии азинов. — Свердловск, 1985. — С. 161.
37. Паккет Л. Основы современной химии гетероциклических соединений. — М.: Мир, 1971. — 352с.
38. Lahiri S., Mahajan M. P., Prasad R., Gorge M. V. // Tetrahedron. — 1977. — Vol. 33. — P. 3159.
39. Андриянков М. А., Скворцова Г. Г., Воронов В. К. // ЖОрХ. — 1983. — Т. 19. — С. 2459.
40. Pactet J. J. // J. Org. Chem. — 1961. — Vol. 26. — P. 4157.
41. Krischke R., Crashey R. // Ann. — 1977. — N 3. — P. 498.
42. Кост А. А. // ХГС. — 1980. — № 9. — С. 1200.
43. Lawrence R., Waight E. S. // J. Chem. Soc. B. — 1968. — N 1. — P. 1.
44. Mariano P. S., Krochmal E., Beamer R., Huesmann P. L., Dunaway-Mariano D. // Tetrahedron. — 1978. — Vol. 34. — P. 2609.
45. Пат. № 53-10079 Японии / Накамотэ Х., Митани Я., Накасита М., Комацу Т., Идзава А., Эда Я. // РЖХим. — 1978. — 22П180П.
46. Ulsaker G. A., Undheim K. // Acta Chem. Scand. — 1977. — Vol. B. 31. — P. 917.
47. Ulsaker G. A., Breivik H., Undheim K. // J. Chem. Soc. Perkin Trans. 1. — 1979. — N 10. — P. 2420.
48. Ulsaker G. A., Undheim K. // Acta Chem. Scand. — 1978. — Vol. B. 32. — P. 66.
49. Laerum T., Ottersen T., Undheim K. // Acta Chem. Scand. — 1979. — Vol. B. 33. — P. 299.
50. Johnsen B. A., Undheim K. // Acta Chem. Scand. — 1984. — Vol. B. 38. — P. 109.
51. Ueda N., Kondo K., Kono M., Takemoto K., Imoto M. // Makromol. Chem. — 1968. — Bd 120. — S. 13.
52. Степанова Э. В., Скворцова Г. Г. // Тез. докл. II Всесоюз. совещания по химии азинов. — Свердловск, 1985. — С. 168.
53. Pitha J. // J. Org. Chem. — 1973. — Vol. 40. — P. 3296.
54. А. с. 459072 / Скворцова Г. Г., Степанова Э. В., Андриянков М. А., Ким Д. Г., Тырина С. М., Коробкова Г. Г., Барсук Г. И. // Б. И. — 1985. — № 23.
55. Степанова Э. В., Скворцова Г. Г., Воронов В. К., Афонин А. В. // ХГС. — 1986. — № 4. — С. 567.
56. Афонин А. В., Степанова Э. В., Ващенко А. В. // ЖОрХ. — 1991. — Т. 27. — С. 17.
57. Воронков М. Г., Степанова Э. В., Афонин А. В., Воронов В. К. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1987. — № 3. — С. 672.
58. Михантьев Б. И., Шаталов Г. В., Гридчин С. А. // Изв. вузов. Химия и хим. технол. — 1977. — № 3. — С. 419.
59. Шаталов Г. В., Гридчин С. А. // ХГС. — 1989. — № 3. — С. 394.
60. Гридчин С. А., Шаталов Г. В., Лачинов М. Б. // 12-й Менделеевский съезд по общей и прикл. химии. Реф. докл. и сообщ. № 2. — М., 1981. — С. 187.
61. Лапенко В. Л., Павлов Л. П., Шаталов Г. В. // Практикум по синтезу полимеризационных мономеров и высокомолекулярных соединений. — Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1983. — С. 123.
62. Pedersen A. H., Undheim K. // J. Heterocycl. Chem. — 1984. — Vol. 21. — P. 1149.
63. Кузнецова Н. П., Ермакова Т. Г., Лопырев В. А. // ХГС. — 1985. — № 7. — С. 999.
64. Скворцова Г. Г., Шостаковский М. Ф., Куров Г. Н. // ЖОрХ. — 1972. — Т. 8. — С. 382.
65. Троценко Л. И., Куров Г. Н., Турчанинов В. Н., Суслова Е. Н., Гайнцева Л. Л., Скворцова Г. Г. // ЖОХ. — 1979. — Т. 49. — С. 904.
66. Анфиногенов В. А., Напилькова О. А., Сироткина Е. Е., Филимонов В. Д., Хлебников А. И. // ХГС. — 1986. — № 10. — С. 1420.
67. Шостаковский М. Ф., Скворцова Г. Г., Тырина С. М. // Труды Всесоюз. конф. Химия ацетиленов. — М., 1972. — С. 90.
68. Шостаковский М. Ф., Тырина С. М., Скворцова Г. Г., Андриянков М. А., Ким Д. Г. // Тез. докл. симпози. по химии и хим. технологии гетероцикл. соединений каменноугольной смолы. — Донецк, 1970. — С. 17.
69. Афонин А. В., Воронов В. К., Андриянков М. А., Данович Д. К. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1987. — № 2. — С. 317.
70. Скворцова Г. Г., Тырина С. М. // ХГС. — 1968. — № 6. — С. 1132.

71. Шостаковский М. Ф., Скворцова Г. Г., Тырина С. М., Фролов Ю. Л. // ДАН. — 1969. — Т. 186. — С. 620.
72. Шостаковский М. Ф., Скворцова Г. Г., Тырина С. М., Запунная К. В., Андриянков М. А. // ХГС. — 1969. — № 6. — С. 1012.
73. Афонин А. В., Андриянков М. А., Воронов В. К., Никитин М. В. // Изв. АН СССР. — 1991. — № 9. — С. 2040.
74. Афонин А. В., Андриянков М. А. // ЖОХ. — 1988. — Т. 24. — С. 1034.
75. Ким Д. Г., Брисюк Н. П. Деп. в ОНИИТЭХим г. Черкассы 30.05.91, № 245-ХП91 // РЖХим. — 1991. — 20Ж258.
76. Скворцова Г. Г., Ким Д. Г., Андриянков М. А., Чипанина Н. Н. // Тез. докл. Всесоюз. конф. по химии ацетиленов. — Тбилиси, 1975. — С. 372.
77. Pat. 443,978 GB / G. Farbenindustrie A. G. // С. А. — 1936. — Vol. 30. — P. 5237.
78. Скворцова Г. Г., Андриянков М. А., Степанова З. В., Кашик Т. В., Пономарева С. М., Ким Д. Г. // ХГС. — 1976. — № 3. — С. 375.
79. Скворцова Г. Г., Тырина С. М., Панченко А. С., Шамис Л. А., Воронов В. К. // ЖОХ. — 1970. — Т. 40. — С. 2039.
80. Таряшинова Д. С., Чипанина Н. Н., Бродская Э. И., Андриянков М. А., Скворцова Г. Г., Фролов Ю. Л. // ХГС. — 1977. — № 12. — С. 1662.
81. Воронов А. К., Андриянков М. А., Скворцова Г. Г. // ХГС. — 1975. — № 5. — С. 666.
82. Hopf H., Lussi H. // Makromol. Chem. — 1956. — Bd 18/19. — S. 227.
83. Скворцова Г. Г., Мансуров Ю. А., Ким Д. Г., Пачкова Л. М. // Тез. докл. III симпози. по химии и хим. технологии гетероцикл. соединений горючих ископаемых. — Донецк, 1978. — С. 78.
84. Блохин В. Е., Кокوشко З. Ю., Киреева Л. В., Пушкарева З. В. // ХГС. — 1969. — № 4. — С. 679.
85. Блохин В. Е., Кокوشко З. Ю., Киреева Л. В., Пушкарева З. В. // ХГС. — 1969. — № 4. — С. 744.
86. Андриянков М. А., Афонин А. В., Чипанина Н. Н., Гаврилова Г. А., Шулунова А. М., Скворцова Г. Г. // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. — 1985. — № 15. — С. 99.
87. Раджюнас Л. В., Бизюлявичус Т. // Науч. тр. вузов Литовской ССР. Химия и хим. технология. — Вильнюс, 1975. — С. 307.
88. Афонин А. В., Ващенко А. В., Воронов В. К., Тржцинская Б. В., Абрамова Н. Д., Степанова З. В., Андриянков М. А. // ЖОрХ. — 1990. — Т. 26. — С. 411.
89. Афонин А. В., Воронов В. К., Тржцинская Б. В., Андриянков М. А., Тетерина Л. Ф., Степанова З. В. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1987. — № 8. — С. 1583.
90. Ким Д. Г., Скворцова Г. Г., Пачкова Л. М. // Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. по химии ацетилена и его производных. Ч. 1. — Баку, 1979. — С. 134.
91. Скворцова Г. Г., Ким Д. Г., Андриянкова Л. В. // ХГС. — 1978. — № 3. — С. 364.
92. Афонин А. В., Ващенко А. В., Данович Д. К., Андриянков М. А. // ЖОрХ. — 1991. — Т. 27. — С. 13.
93. Скворцова Г. Г., Степанова З. В., Андриянкова Л. В., Воронов В. К. // ЖОХ. — 1981. — Т. 52. — С. 1625.
94. Амосова С. В., Гостевская В. И., Гаврилова Г. М., Афонин А. В. // ЖОрХ. — 1993. — Т. 29. — С. 1501.
95. Ким Д. Г., Скворцова Г. Г., Степанова З. В. // Тез. докл. науч. сессии по химии и технологии орг. соединений серы и сернистых нефтей. — Душанбе, 1974. — С. 127.
96. Скворцова Г. Г., Андриянков М. А., Степанова З. В., Кашик Т. В., Пономарева С. М., Ким Д. Г. // ХГС. — 1976. — № 3. — С. 375.
97. Трофимов Б. А. // Усп. химии. — 1981. — Т. 50. — С. 248.
98. Ким Д. Г., Трофимова Ю. В., Степанова З. В. // Тез. докл. Всесоюз. конф. по синтезу и реакционной способности орг. соединений серы. — Тбилиси, 1989. — С. 5.
99. Lie R., Undheim K. // Acta Chem. Scand. — 1973. — Vol. 72. — P. 1756.
100. Singh H., Malhotra S. C. // Synth. Commun. — 1981. — Vol. 11. — P. 635.
101. Сологуб Л. С., Мощицкий С. Д., Лавренюк Т. Я. // ХГС. — 1975. — № 1. — С. 76.
102. Сологуб Л. С., Мощицкий С. Д., Иващенко Я. Н., Левчук Ю. Н. // ХГС. — 1992. — № 4. — С. 514.
103. Афонин А. В., Воронов В. К., Андриянков М. А. // ЖОХ. — 1986. — Т. 54. — С. 2806.
104. Афонин А. В., Андриянков М. А., Никитин М. В., Гаращенко З. М., Хилько М. Я. // ХГС. — 1991. — № 8. — С. 1077.
105. Трофимов Б. А. Гетероатомные производные ацетилена. — М.: Наука, 1981. — 317 с.
106. Афонин А. В., Ващенко А. В., Воронов В. К., Андриянков М. А., Еникеева Е. Н., Гаращенко З. М., Мансуров Ю. А. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1989. — № 4. — С. 865.
107. Шостаковский М. Ф. Простые виниловые эфиры. — М.: Изд-во АН СССР, 1952. — 280 с.
108. Михантьев Б. И., Михантьев В. Д., Лапенко В. Л., Воинова В. Н. Некоторые винильные мономеры. — Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1970. — 260 с.

109. Трофимов Б. А., Амосова С. В. Дивинилсульфид и его производные. — Новосибирск: Наука, 1983. — 263 с.
110. Трофимов Б. А., Михалева А. И. // ХГС. — 1980. — № 10. — С. 1299.
111. Шостаковский М. Ф., Чипанина Н. Н., Шергина Н. И., Скворцова Г. Г., Тырина С. М., Андриянков М. А. // ЖОХ. — 1968. — Т. 38. — С. 2664.
112. Чипанина Н. Н., Ким Д. Г., Андриянков М. А., Таряшинова Д. Д., Скворцова Г. Г. // ЖОХ. — 1976. — Т. 46. — С. 1118.
113. Скворцова Г. Г., Ким Д. Г., Андриянков М. А., Чипанина Н. Н., Воронов В. К., Сигалов М. В. // Тез. докл. Всесоюз. Чугаевского совещания по химии комплексных соединений. — Новосибирск, 1975. — С. 381.
114. Ким Д. Г., Скворцова Г. Г. // Тез. докл. науч. сессии по химии и технологии орг. соединений серы и сернистых нефтей. — Уфа, 1979. — С. 125.
115. Хамаганова Л. Д., Гольдштейн И. П., Федотов А. Н., Домнина Е. С., Андриянков М. А., Степанова З. В. // ЖФХ. — 1990. — Т. 64. — С. 239.
116. Скворцова Г. Г., Тырина С. М., Ким Д. Г., Чипанина Н. Н., Шергина Н. И. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1971. — № 8. — С. 1774.
117. Афонин А. Г., Куров Г. Н., Святкина Л. И., Дмитриева Л. Л., Пальчук Е. Г., Воронов В. К. // Тез. докл. Всесоюз. конф. по химии неперелых соединений. — Казань, 1986. — Т. 2. — С. 115.
118. Куров Г. Н., Афонин А. В., Святкина Л. И., Дмитриева Л. Л., Пальчук Е. Г. // Изв. АН СССР. Сер. хим. — 1987. — № 2. — С. 444.
119. Куров Г. Н., Троценко Л. И., Гайнцева Л. Л., Суслора Е. Н., Турчанинов В. Н., Скворцова Г. Г. // Высокомолекул. соед. — 1979. — Т. 621. — С. 66.
120. А. с. 439160 / Сироткина Е. Е., Филимонов В. Д., Цехановская Н. А. // Б. И. — 1976. — № 25. — С. 213.
121. Горшков А. Г., Турчанинов В. К., Святкина А. И., Куров Г. Н., Скворцова Г. Г. // Высокомолекул. соед. — 1982. — Т. А24. — С. 1135.
122. Шаталов Г. В. // Изв. вузов. Химия и хим. технология. — 1977. — Т. 20. — С. 419.
123. Matsubara Y., Kiyoji K., Yoshihara M., Maeshima T. // J. Chem. Soc. Jap. Chem. and Ind. Chem. — 1973. — N 10. — P. 1992.
124. Matecké G., Weber G. // Makromolekul. Chem. — 1970. — Bd 138. — S. 289.
125. Скворцова Г. Г., Тырина С. М., Ким Д. Г. // Орг. соединения серы. — Рига, 1980. — Т. 2. — С. 53.
126. А. с. 416356 / Скворцова Г. Г., Ким Д. Г., Степанова З. В. // Б. И. — 1974. — № 7.
127. Мошицкий С. Д., Сологуб Л. С., Иващенко Я. Н. // Тез. докл. II симпози. по химии и технологии гетероцикл. соединений горючих ископаемых. — Донецк, 1973. — С. 30.
128. Скворцова Г. Г., Андриянков М. А., Тырина С. М. // ХГС. — 1972. — № 9. — С. 1166.
129. Mariano P. S., Huesmann P. L., Beater R. L. // Tetrahedron. — 1978. — Vol. 34. — P. 2617.
130. Афонин А. В., Андриянков М. А., Никитин М. В. // ХГС. — 1990. — № 7. — С. 942.
131. Mariano P. S., Leone A. A., Krochmal E. // Tetrah. Lett. — 1977. — N 26. — P. 2227.
132. Горшков А. Г., Турчанинов В. К., Куров Г. Н. // ЖОрХ. — 1979. — Т. 15. — С. 767.
133. Горшков А. Г., Турчанинов В. К., Куров Г. Н., Скворцова Г. Г. // ЖОрХ. — 1980. — Т. 16. — С. 2368.
134. Тырина С. М., Скворцова Г. Г., Воронов В. К., Ким Д. Г., Скоробогатова В. И. // ХГС. — 1971. — № 5. — С. 626.
135. Ким Д. Г., Брисюк Н. П. // Изв. вузов. Химия и хим. технол. — 1991. — № 11. — С. 104.
136. Скворцова Г. Г., Ким Д. Г., Сигалов М. В. // ХГС. — 1975. — № 8. — С. 1147.
137. Ким Д. Г., Скворцова Г. Г. // ХГС. — 1986. — № 10. — С. 1396.
138. Скворцова Г. Г., Ким Д. Г., Сигалов М. В. // ХГС. — 1976. — № 6. — С. 858.
139. Riegi L. A., Undheim K. // Acta Chem. Scand. — 1975. — Vol. B. 29. — P. 582.
140. А. с. 854930 / Скворцова Г. Г., Ким Д. Г., Ким Л. М. // Б. И. — 1981. — № 30.
141. Скворцова Г. Г., Ким Д. Г., Тандура С. Н., Пачкова Л. М. // Тез. докл. II Всесоюз. конф. по химии гетероцикл. соединений. — Рига, 1979. — Т. 2. — С. 135.
142. Ким Д. Г., Брисюк Н. П., Скворцова Г. Г. Деп. в ОНИИТЭХим г. Черкассы 21.06.90, № 447-ХП-90 // РЖХим. — 1990. — 24Ж374.
143. Ким Д. Г., Брисюк Н. П., Бузова М. Н., Иващенко С. И., Лукина В. В. Деп. в ОНИИТЭХим г. Черкассы 12.12.90, № 734-ХП-96 // РЖХим. — 1990. — 11Ж340.
144. Скворцова Г. Г., Ким Д. Г., Пачкова Л. М. // Реакционная способность азинов. — Новосибирск, 1979. — С. 82.