

Д. Д. Некрасов

ГЕТАРИЛЦИАНАМИДЫ

(ОБЗОР)

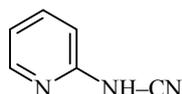
Рассмотрены номенклатура и способы получения гетарилцианамидов, а также реакции этих соединений, протекающие по цианоаминогруппе.

Ключевые слова: гетарилцианамиды, синтез, химические свойства.

Разработка простых методов синтеза устойчивых Het–NHCN и возможность получения на их основе новых гетероциклических систем с полезными практическими свойствами обусловили в последнее время повышенный интерес химиков к соединениям указанной структуры. По аналогии с алкил- и арилцианамидами их называют гетарилцианамидами.

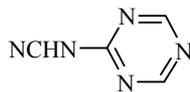
R–NHCN	Ar–NHCN	Het–NHCN
алкилцианамиды	арилцианамиды	гетарилцианамиды

В правилах IUPAC цианамидная функция (в отличие от близких по структуре –OCN или –SCN) не имеет самостоятельного обозначения. В связи с этим гетарилцианамиды, по-видимому, более правильно рассматривать как нитрильные производные карбаминовой кислоты и называть их гетарилкарбаминонитрилами. Иногда такие соединения называют как замещенные амины. Например,

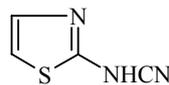


2-(N-циано)пиридинамин или N-(циано)-N-(2-пиридил)амин

Некоторые авторы при построении названий подобных соединений приоритет отдают гетероциклу и в связи с этим цианоаминогруппу ставят в префиксе. Если ее местонахождение в гетероцикле трактуется неоднозначно, то оно указывается локантом. Например,



цианамино-симтриазин



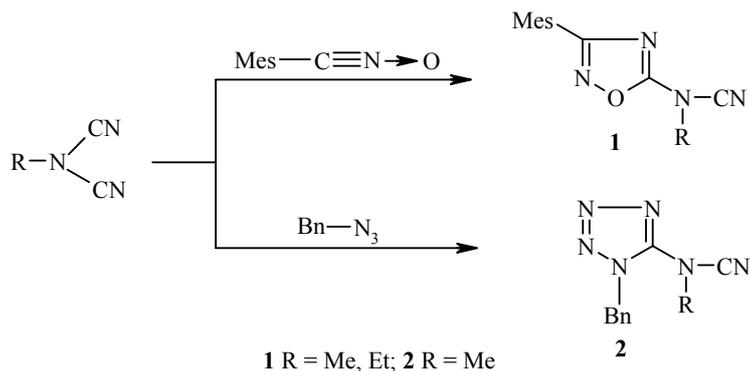
2-цианаминотиазол

Для единообразной подачи материала описываемые соединения будут нами именоваться гетарилцианамидами.

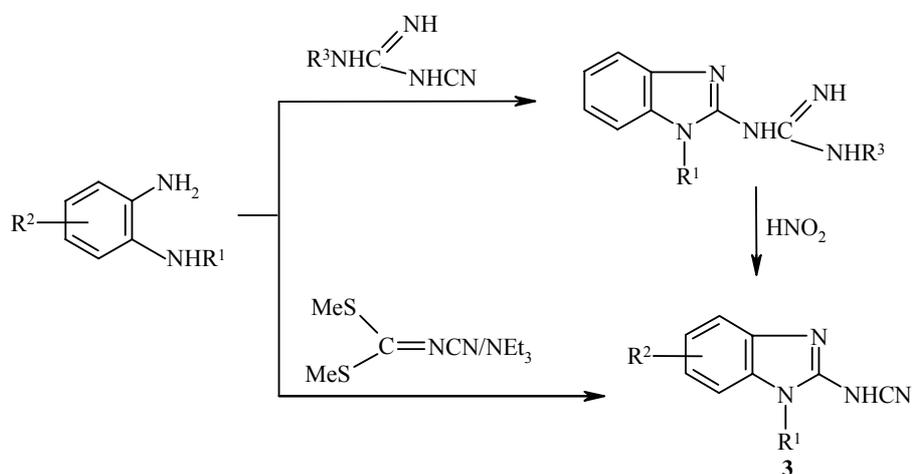
1. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ

Существуют различные методы синтеза гетарилцианамидов, которые заключаются в построении гетероцикла из функционализированных N-цианосоединений с сохранением цианамидной функции или введении цианамидогруппы в гетероцикл.

Так, реакцией 1,3-диполярного циклоприсоединения метил- или этилдицианамида с мезитилнитрилоксидом или бензилазидом получают соответствующие оксадиазолил- и тетразолилцианамиды (**1** и **2**) [1].

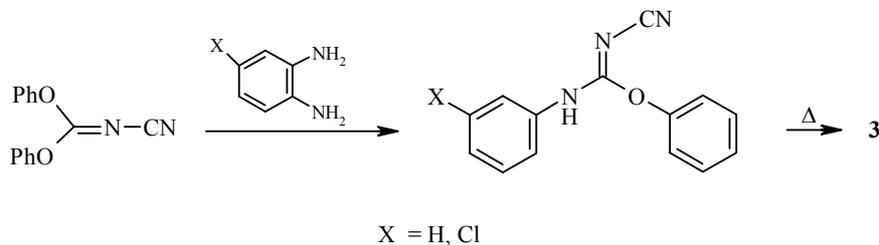


При взаимодействии *o*-фенилендиаминов с циангуанидинами образуются 2-бензимидазолилгуанидины, которые при действии азотистой кислоты легко превращаются в 2-бензимидазолилцианамиды **3** [2–6].

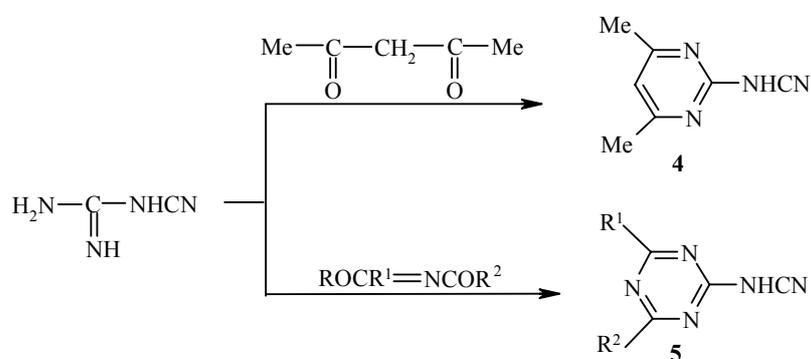


Аналогичные цианамиды **3** получены из *o*-фенилендиаминов и N-цианодиметилтиоимидокарбоната в присутствии триэтиламина. Электродонорные заместители в бензольном кольце способствуют протеканию реакции, а электроноакцепторные затрудняют ее. Отсутствие катализатора приводит к иным продуктам реакции [7].

При взаимодействии дифенилцианокарбимидата с *o*-фенилендиамином при комнатной температуре образуются производные N-циано-O-фенилизомочевины, которые при кипячении в 2-пропанолу циклизуются в цианамиды **3**. *o*-Аминофенол в аналогичной реакции образует сразу 2-бензоксазолилцианамид [8].

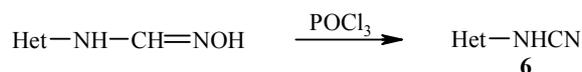


Циангуанидин реагирует с ацетилацетоном, образуя 4,6-диметил-2-пиримидилцианамид **4** [9].



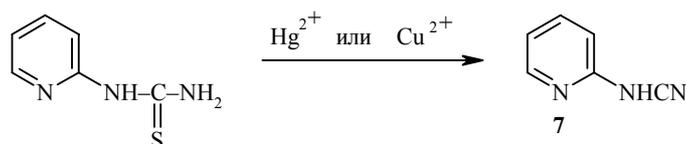
Циклоконденсацией циангуанидина с иминоэфирами синтезированы 1,3,5-триазилилцианамиды **5** [10].

Методы получения гетарилцианамидов, основанные на модификации заместителей в гетероцикле в цианамидную функцию, более разнообразны. Так, например, модифицируют гидроксиминометиленаминогруппу под действием дегидратирующего агента в присутствии основания [11, 12].

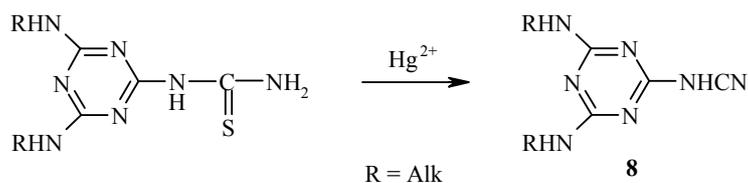


Het = 2-пиридил, 2-пиримидил, 2-пиазинил, 3-пиридазинил,
6-хлор-3-пиридазинил, 2-тиазолил

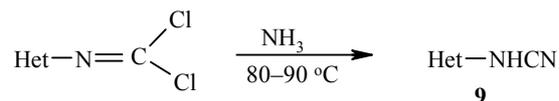
Окислительной десульфурризацией 2-пиридилтиомочевины под действием оксида ртути или гидроксида меди получают 2-пиридилцианамид **7** [13].



Аналогично могут быть синтезированы замещенные 1,3,5-триазилилцианамиды **8** [14].

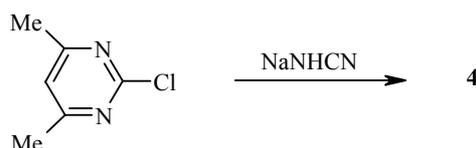


По-видимому, общим способом получения гетарилцианамидов **9** может служить реакция гетарилфосгениминов с аммиаком [15].

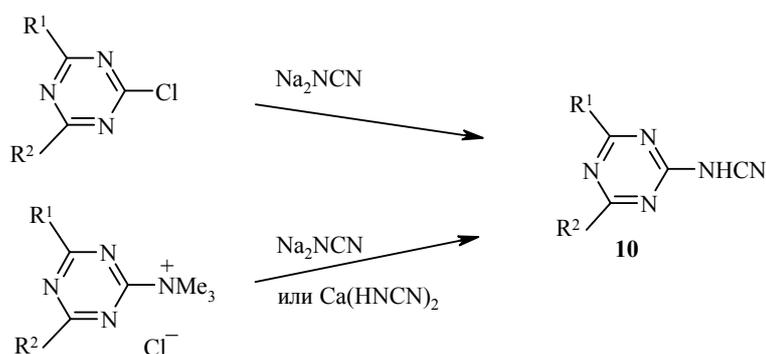


Het = 4-R¹-6-R²-1,3,5-триазинил

Замещением хлора в 2-хлор-4,6-диметилпиримидине на цианамидную группу получают соответствующий гетарилцианамид **4** [8].



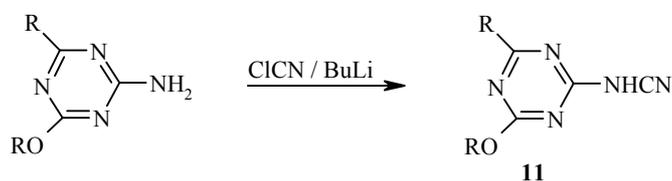
Монохлорзамещенные *сим*-триазины также подвергаются цианаминированию цианамидом натрия с образованием триазирилцианамидов **10** [16–19].



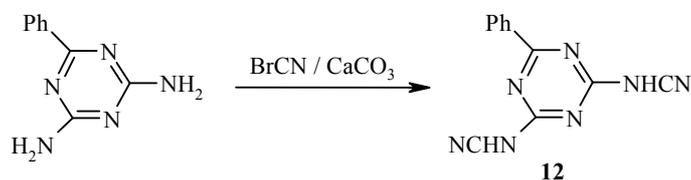
R¹R² = алкил(арил)амино; R¹ = алкиламино, R² = MeO, MeS

Значительно легче цианаминированию подвергаются хлориды триметил-*сим*-триазириламмония, что позволяет проводить реакцию не только с цианамидом натрия, но и цианамидом кальция [20–24].

Широко распространенный метод цианирования алкил- и ариламинов галогенцианидами в случае гетариламинов имеет ограниченное применение. Только в присутствии такого сильного основания, как бутиллитий, удалось провести эту реакцию с 1,3,5-триазиламином с образованием соответствующего цианамида **11** [25].

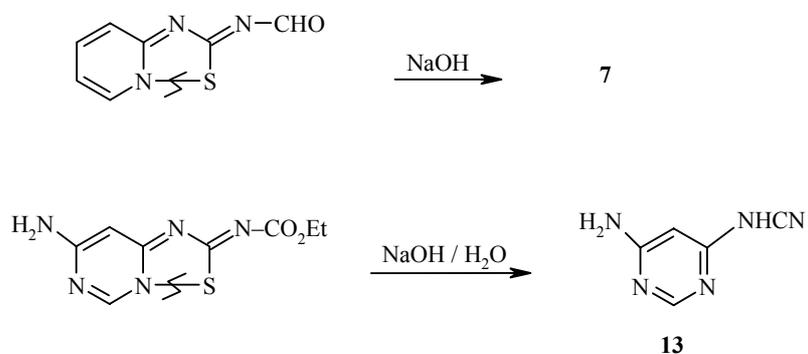


При наличии в триазиновом цикле двух аминогрупп цианирование протекает в более мягких условиях. В качестве цианирующего агента в этом случае используется бромциан в присутствии карбоната кальция [26].

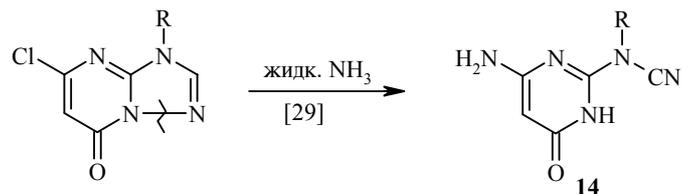


Реакция протекает по обеим аминогруппам с образованием триазилил-бицианамида **12**.

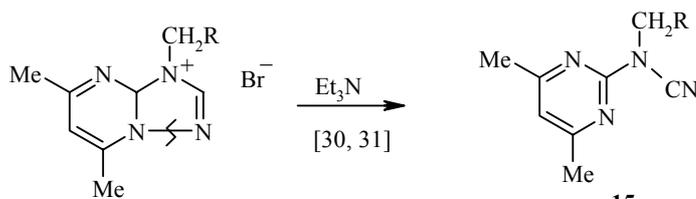
Некоторые азинилцианамиды, например **7** [27] или **13** [28], могут быть получены расщеплением тиазолоазинов щелочью.



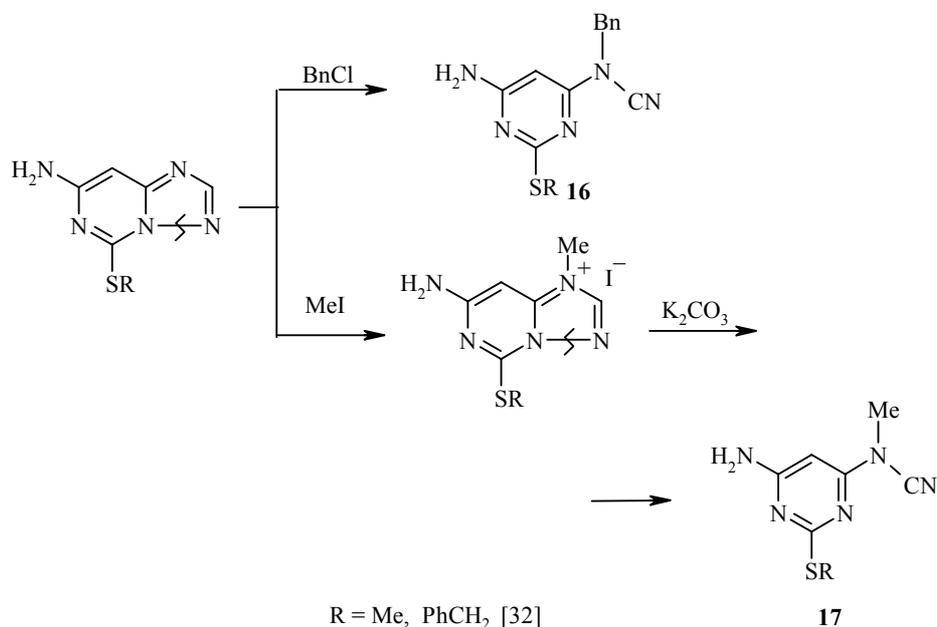
Производные 1,3,4-триазолоазинов, незамещенные в положении 2, легко подвергаются расщеплению под действием оснований с образованием цианамидов **14–17**.



R = β -D-рибофуранозил



R = H, CN, COOMe



R = Me, PhCH₂

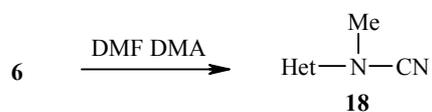
2. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Гетарилцианамиды вступают во взаимодействие с широким кругом реагентов, так как их молекула содержит два существенно различающихся реакционных центра: нуклеофильный атом азота аминогруппы и электрофильный атом углерода нитрильной группы. Молекула таких соединений способна к реакциям замещения по аминогруппе или присоединения и циклоприсоединения по тройной связи нитрильной группы. Многие из реакций, затрагивающих аминогруппу, катализируются основаниями или требуют участия аниона. Реакции по нитрильной группе протекают в

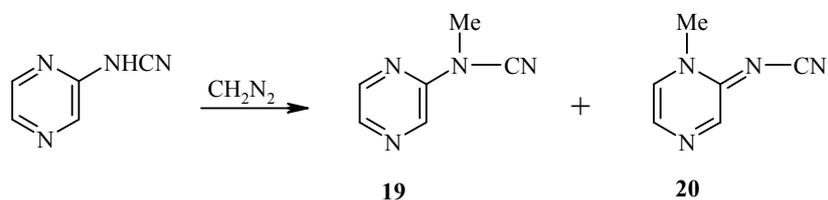
присутствии как кислот, так и оснований. Наибольшее влияние гетарильный заместитель оказывает на аминогруппу. Однако за счет того, что амино- и цианогруппы связаны друг с другом, опосредованное влияние гетероцикла распространяется и на цианогруппу. Это обстоятельство делает гетарилцианамиды (в отличие от алифатических и ароматических аналогов) более устойчивыми к ди- и тримеризации.

2.1. Реакции аминогруппы

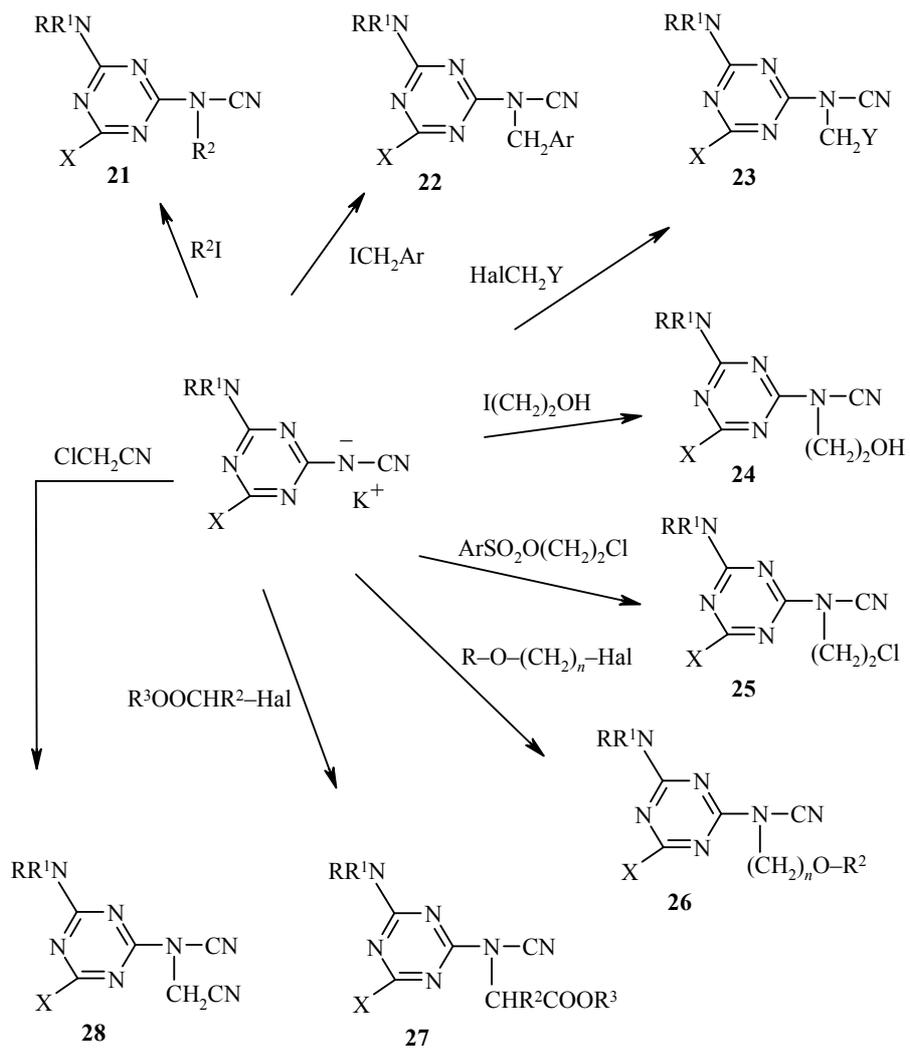
Гетарилцианамиды **6** легко метилируются при обработке их диметилацеталем диметилформаида (DMF DMA) с образованием соответствующих N-метилгетарилцианамидов **18** [11].



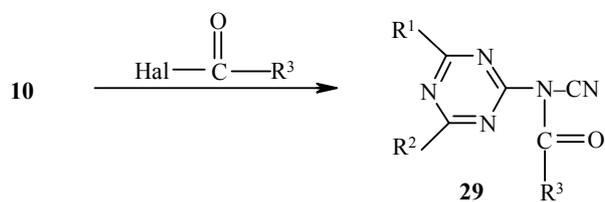
Метилирование 2-пиразинилцианамида диазометаном приводит к N-метилированию в боковой цепи (соединение **19**) и N-метилированию по атому N₍₁₎ в гетероцикле (соединение **20**) [12].



Атом водорода в группе NH гетарилцианамидов **10** обладает кислым характером, что позволяет получать устойчивые калиевые соли. Эти соли легко реагируют с алкилгалогенидами [33–36], арилалкилгалогенидами [37], галогенгидринами [38], хлорэтилтозилатами [39], галогеналкилэфирами [40], эфирами хлоруксусной, пропионовой, броммалоновой кислот [41–43], галогенацетонитрилами [41] и т. д. Продуктами реакции являются N-алкилгетарилцианамиды **21–28**.

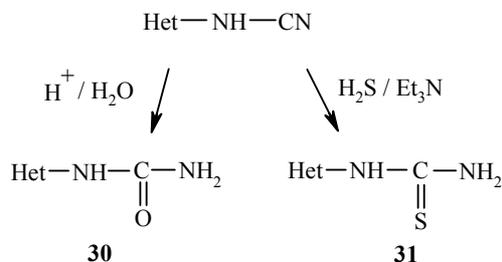


Гетарилцианамиды **10** ацилируются по Шоттен-Бауману с образованием производных **29** [44].

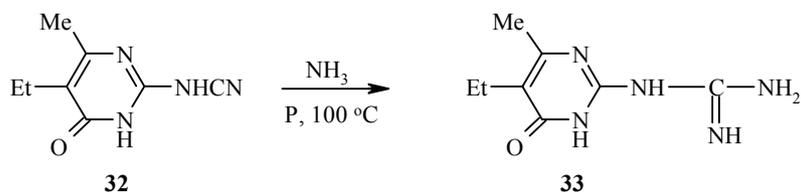


2.2. Реакции присоединения по цианогруппе

Гидролиз цианогруппы гетарилцианамидов в серной кислоте (1:1) дает соответствующие N-гетарилмочевины **30** [11, 12, 45]. Гетарилтиомочевины **31** образуются при пропускании сероводорода через раствор гетарилцианамидов **6** в присутствии триэтиламина или аммиака [12, 14, 46–48].

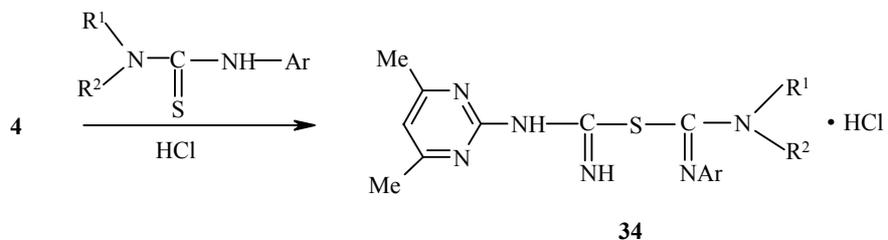


Аминолиз гетарилцианамидов **32** приводит к образованию гетарилгуанидина **33** [46].

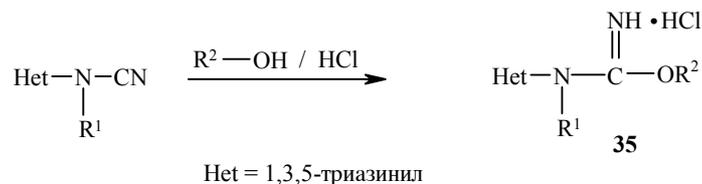


Аналогичные соединения образуются при присоединении к цианогруппе замещенных аминов [47, 48].

Пиримидилцианамид **4** реагирует с тризамещенными тиомочевинами в солянокислой среде. Продуктами присоединения в этом случае являются тиобисформамидины **34** [46].

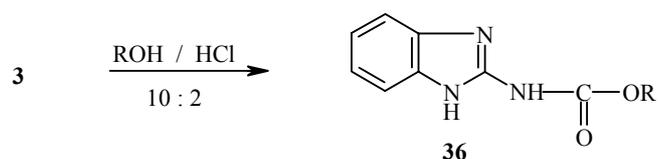


Алкоголиз гетарилцианамидов в присутствии газообразного хлористого водорода приводит к образованию гидрохлоридов гетарил-O-алкил-изомочевин **35** [49].

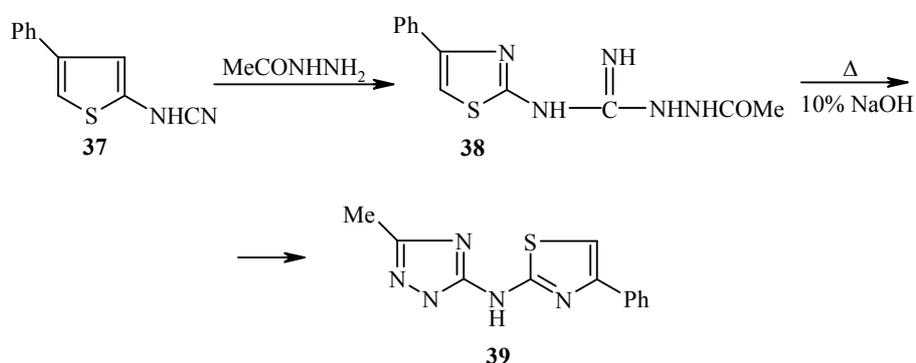


Проведение алкоголиза в разбавленной соляной кислоте сопрово-

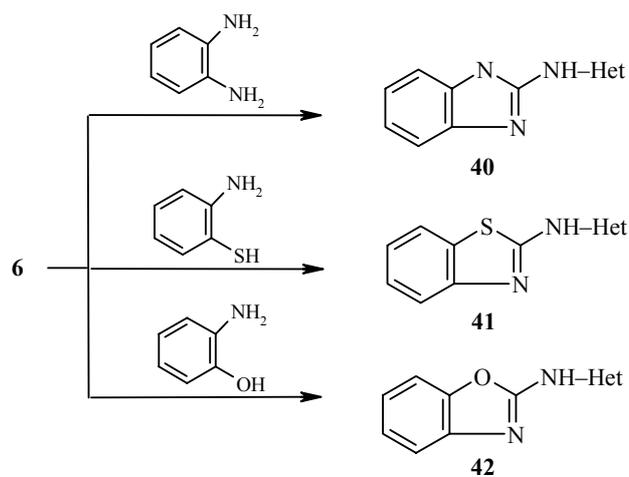
ждается гидролизом промежуточно образующихся *O*-алкилизомочевин до эфиров карбаминовой кислоты **36** [50].



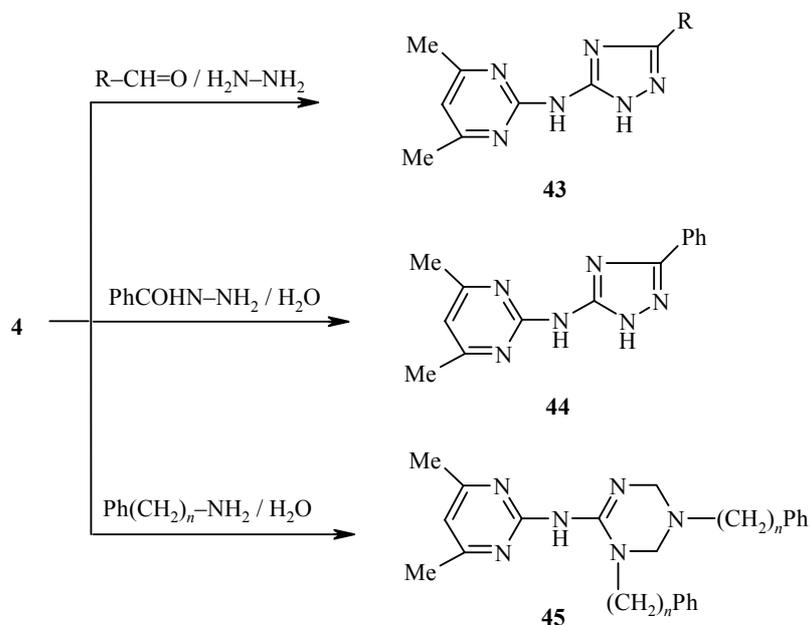
3-Метил-5-(4-фенилтиазолил-2)амино-1,2,4-триазол **39** получен из тиазолилцианамиды **37** и ацетилгидразина через производные ацетиламиногуанидина **38** [51].



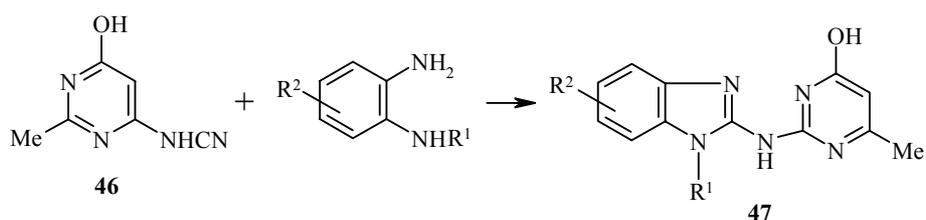
Реакция *o*-фенилендиамин и *o*-аминотиофенола с гетарилцианамиды **6** протекает сразу с образованием соответствующих производных гетариламинобензимидазола **40** и гетариламинобензтиазола **41**. *o*-Аминофенол реагирует в более жестких условиях и с более продолжительным временем протекания реакции с образованием гетариламинобензоксазолов **42** [52].



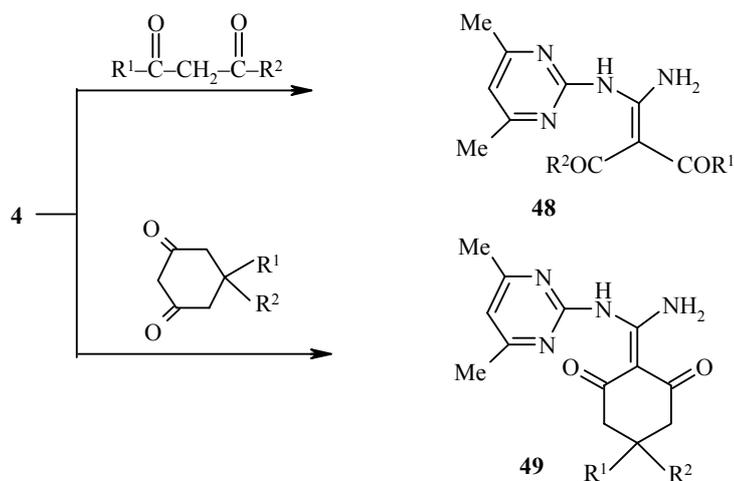
При обработке пиридилцианамид **4** гидразингидратом и формальдегидом образуется пиридинаминотриазол **43**. Аналогичная реакция при использовании в качестве карбонильного компонента бензальдегида приводит к образованию соединений **44**. Трехкомпонентная конденсация цианамид, формальдегида и бензиламина или фенилэтиламина дает пиридиноаминотриазол **45** [53].



Циклизацией гетарилцианамид **46** с замещенными *o*-фенилендиаминами синтезированы 2-[(2-бензимидазол)амино]-4-оксипиридины **47** [54].



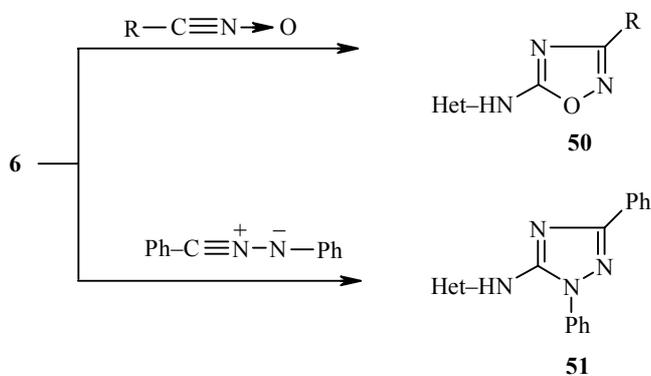
Необычно реагирует гетарилцианамид **4** с β -дикетонами и β -кето-эфирами в присутствии каталитических количеств ацетилацетата никеля с образованием N,N-ацеталей диацил- и алкоксикарбонил(ацил)кетенов **48**, **49** [55, 56].



$R^1 = \text{Alk}$ или Ph , $R^2 = \text{Me}$ или EtO

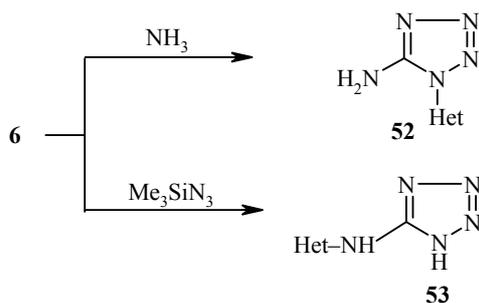
2.2.1. Реакции циклоприсоединения по цианогруппе

По типу 1,3-дипольного циклоприсоединения по цианогруппе гетарилцианамидов реагируют нитрилоксиды и нитрилимины. В первом случае образуются гетариламино-1,2,4-оксадиазолы **50**, во втором – гетарил-амино-1,2,4-триазолы **51** [46].

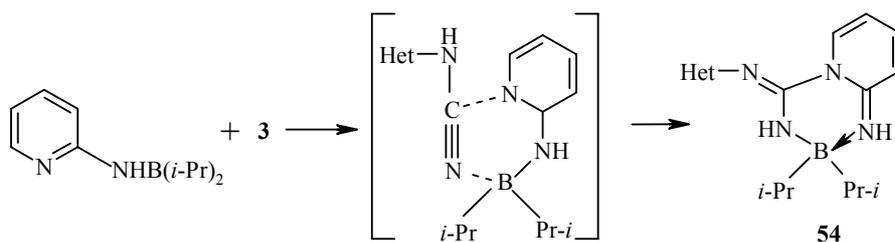


Het = пиримидил, 1,3,5-триазинил

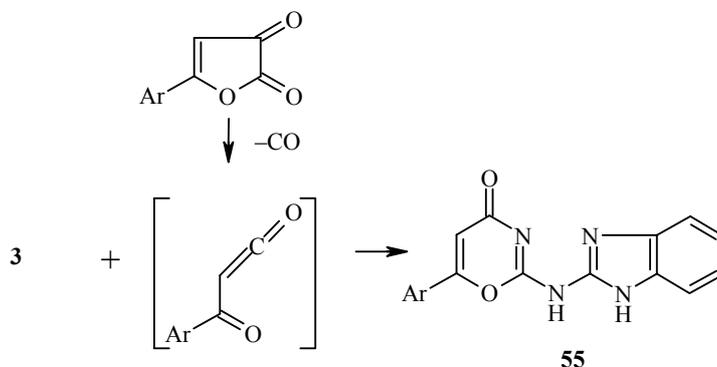
Гетарилцианамиды **6** реагируют с азидами в двух направлениях, образуя 5-амино-1-гетарилтетразолы **52** или 5-гетариламинотетразолы **53**. В мягких условиях образуются соединения первого типа, тогда как в более высококипящих растворителях или при использовании азидотриметилсилана получают термодинамически более устойчивые соединения **53** [52].



2-Изопропилбориламинопиридин гладко присоединяется к цианамиду **3** с образованием [4+2]-циклоаддукта **54** [57].



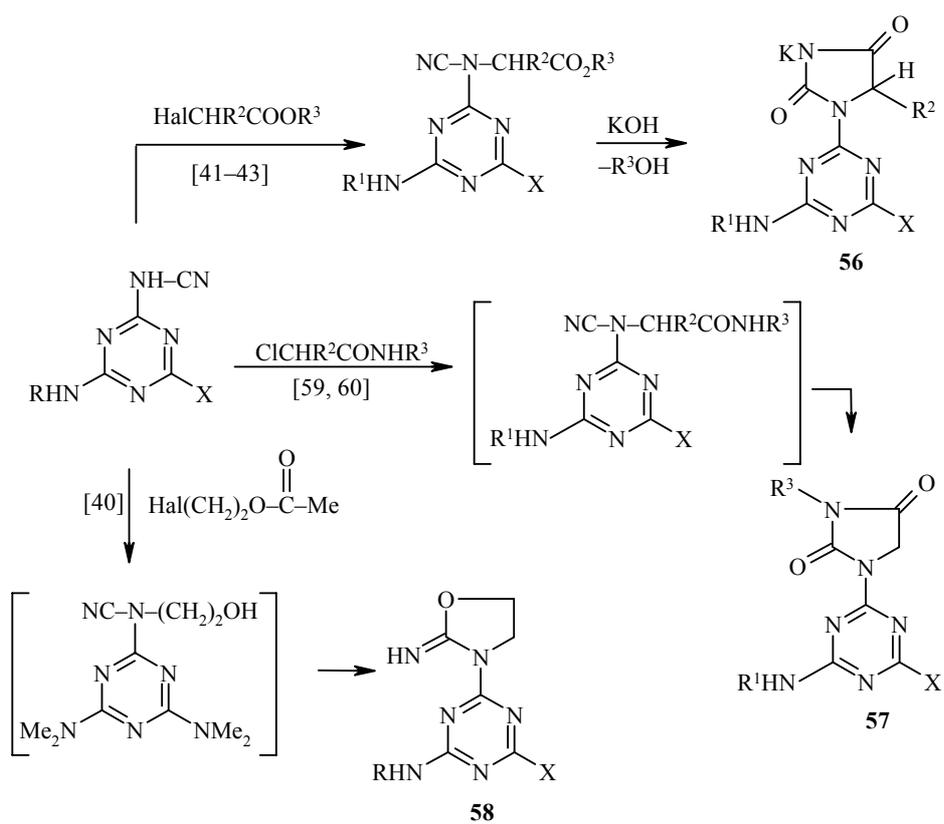
Бензимидазолилцианамид **3** вступает в реакцию [4+2]-циклоприсоединения с ароилкетенами, генерируемыми при термолизе 5-арил-2,3-дигидрофуран-2,3-дионов. Продуктами реакции являются бензамидазолиламиноксазины **55** [58].



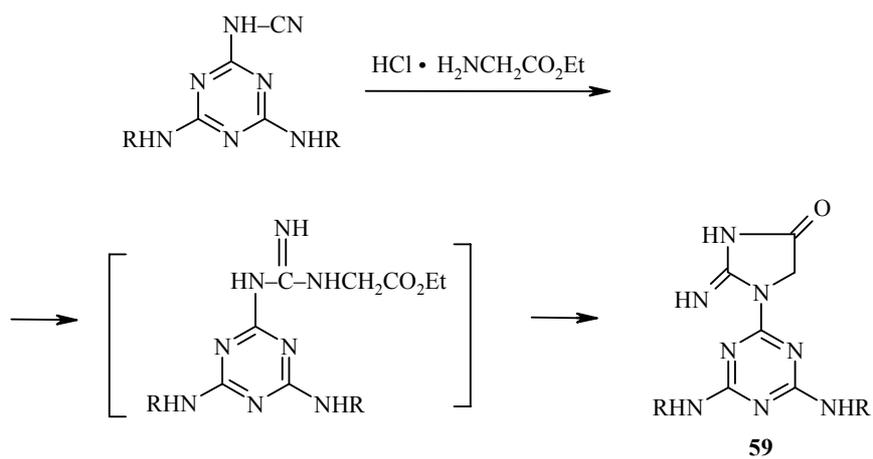
Пиримидилцианамид **4** в данную реакцию не вступает.

2.3. Реакции с одновременным участием амино- и цианогрупп

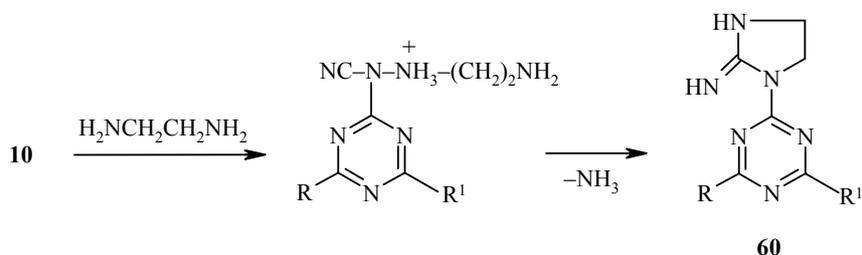
Как уже упоминалось выше, гетарилцианамиды **10** могут реагировать одновременно по обеим группам: на первой стадии протекает реакция замещения в аминогруппе функционализированным алкилгалогенидом, на второй – внутримолекулярное присоединение введенной функции по кратной связи цианогруппы. Сказанное иллюстрирует схема.



В некоторых случаях последовательность стадий может быть обратной [61].



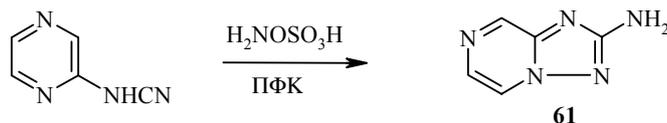
За счет кислых свойств группы NH в гетарилцианамиде **10** при взаимодействии с этилендиамином образуются 2-аминоэтиламмониевые соли, которые при нагревании выделяют аммиак с образованием соединений **60** [62].



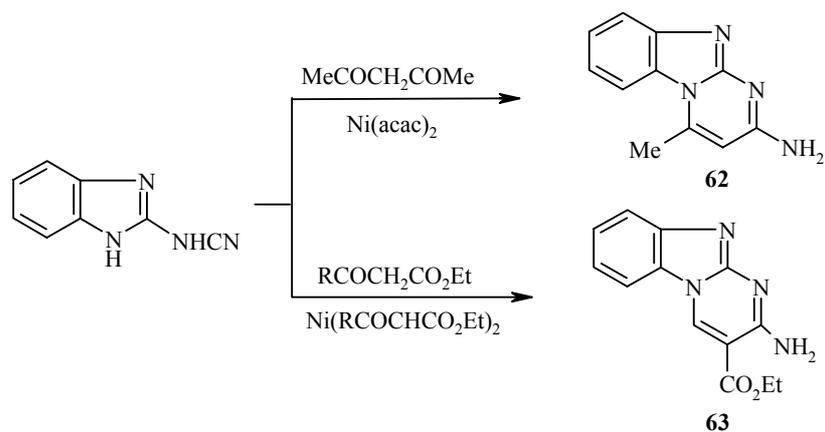
Оксиран и азиридин реагируют с гетарилцианамидами **10** с образованием соединений **58** [62] и **60** [63].

2.4. Реакции с участием цианаминогруппы и гетероцикла

Как правило, в реакциях, протекающих с участием цианаминогруппы и гетероцикла, образуются конденсированные гетероциклические системы. Так, при обработке 2-пиразинилцианамида гидросиламиносульфоновой кислотой в присутствии полифосфорной кислоты образуется триазолопиразин **61** [52].



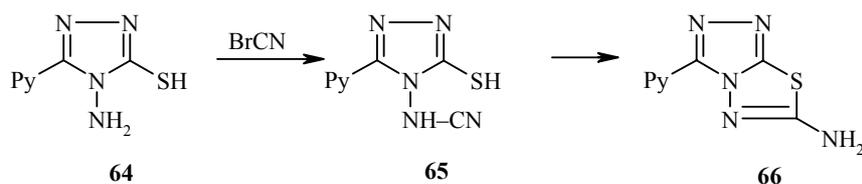
Бензимидазолилцианамид **3** с ацетилацетоном в присутствии ацетилацетата никеля вступает в реакцию циклоконденсации с образованием пиридино[1,2-*a*]бензимидазола **62** [64]. Эфиры ацилуксусных кислот вступают в данную реакцию с образованием пиридино[1,2-*a*]бензимидазолов **63** [65].



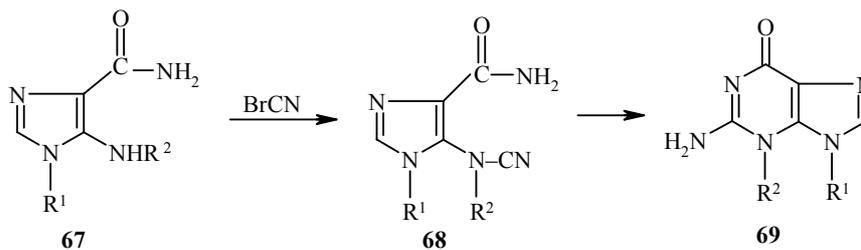
Аннелированию пиримидинового кольца к бензимидазольному ядру способствует активация группы $C\equiv N$ в гетарилцианамиде под влиянием катализатора. В отсутствие комплексов никеля соединения **62** и **63** синтезировать не удастся даже при применении кислых или основных катализаторов.

2.5. Внутримолекулярное взаимодействие цианамидной группы с другими группами в гетероцикле

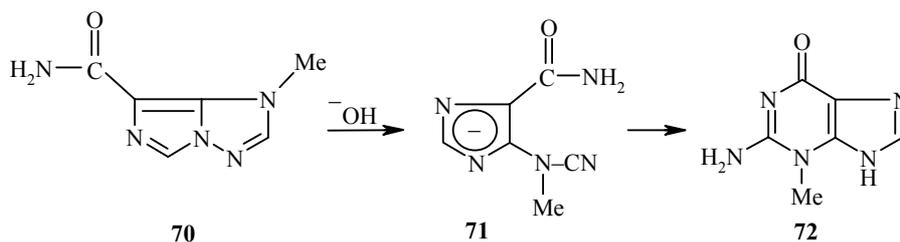
При цианировании бромцианом 1-амино-2-меркаптотриазола **64** получают гетарилцианамид **65**, который в условиях реакции циклизуется в 6-амино-сим-триазоло[3,4-*b*]-1,3,4-тиадазол **66** [66].



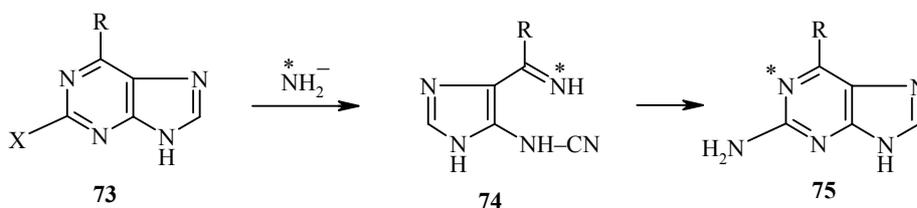
Аналогично протекает цианирование 5-амино-4-имидазолкарбоксиамида **67**. Взаимодействие амидной и цианамидной групп в промежуточном соединении **68** приводит к образованию производных гуанина **69** [67, 68].



При участии этих же групп протекает рециклизация имидазо[1,5-*b*]-с-триазола **70** в гуанин **72** [69].

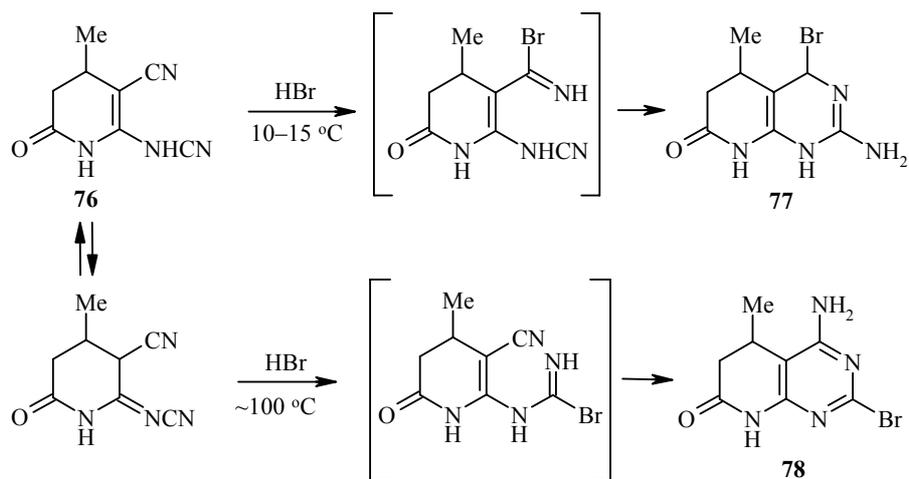


Аминирование пуринов **73** меченым амином показало, что дегалогенирование протекает по механизму $S_N(\text{ANRORC})$ с промежуточным образованием гетарилцианамида **74**. Конечным продуктом такого взаимодействия является аминопурин **75** [70].



$R = \text{H, Ph; } X = \text{F, Cl, SMe}$

При наличии в положении 3 гетарилцианамиды **76** нитрильной группы циклизация происходит под действием бромистого водорода. При пониженной температуре более активна нитрильная группа, при повышенной – цианамидная. В первом случае образуется соединение **77**, во втором – его региоизомер **78** [71, 72].



В присутствии хлористого водорода независимо от условий реакции выделен только один изомер **78** [72].

Таким образом, рассмотренные нами литературные данные по синтезу и свойствам гетарилцианамидов указывают на то, что эти соединения могут быть важными синтонами для получения разнообразных азагетероциклов. Наряду с этим гетарилцианамиды показывают специфическую биологическую активность. Так, производные *сим*-триазилилцианамидов нашли применение в качестве пестицидов [73]. Среди синтезированных 1,3-оксазин-4-онов, полученных с участием гетарилцианамидов, обнаружены вещества с седативной и транквилизирующей активностью [74].

В 2000–2001 гг. вышел ряд работ, посвященных проблемам, рассмотренным в этом обзоре [75–79].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. P. H. Benders, D. N. Reinhoudt, D. M. W. Ham, *Rec. Trav. Chim.*, **100**, 330 (1981).
2. G. Pellizzari, *Chem. Zbl.*, **3**, 527 (1921).
3. B. Serafin, L. Konopsky, L. Stolarczuk, *Roczn. Chem.*, **51**, 2355 (1977).
4. E. A. Watts, BRD Pat. 2267312; *Chem. Abstr.*, **79**, 5332 (1973).
5. R. Rugg, G. Ryser, BRD Pat. 2252805; *Chem. Abstr.*, **79**, 53325 (1973).
6. E. A. Watts, Brit. Pat. 1408408; *Chem. Abstr.*, **84**, 17355 (1976).
7. L. S. Witenbrook, *J. Heterocycl. Chem.*, **12**, 37 (1975).
8. R. L. Webb, C. S. Labaw, *J. Heterocycl. Chem.*, **19**, 1205 (1982).
9. S. Birtwell, *J. Chem. Soc.*, 1725 (1953).
10. A. Krebs, BRD Pat. 3641827; *Chem. Abstr.*, **109**, 149570 (1988).
11. B. Stanovnik, A. Stimac, M. Tisler, B. Vercek, *J. Heterocycl. Chem.*, **19**, 577 (1982).
12. B. Vercek, B. Ogorevc, B. Stanovnik, M. Tisler, *Vestn. Slov. Kem. Drus.*, **30**, 51 (1983).
13. R. Charonnat, F. Le Perdriel, *Ann. Pharm. France*, **26**, 469 (1968).
14. Л. А. Хачатрян, Дис. канд. хим. наук, Ереван, 1983.
15. Lonza Ltd., Brit. Pat. 1052567; *Chem. Abstr.*, **66**, 55525 (1967).
16. H. Hintermaier, U. Maier, M. Obinger, Ger. Pat. 226082; *Chem. Abstr.*, **81**, 91582 (1974).
17. R. Freiberg, E. Bulka, *J. Prakt. Chem.*, **397**, 417 (1985).

18. H. J. Riebel, R. Fauss, A. Krebs, Ger. Pat. 3611198; *Chem. Abstr.*, **108**, 21933 (1988).
19. H. J. Riebel, R. Fauss, A. Krebs, Eur. Pat. 200064; *Chem. Abstr.*, **106**, 50262 (1987).
20. В. В. Довлатян, Л. А. Хачатрян, Э. Н. Амбарцумян, *Арм. хим. журн.*, **32**, 569 (1979).
21. В. В. Довлатян, Л. А. Хачатрян, А. с. СССР 468497; *Б. И.*, № 5, 236 (1979).
22. V. V. Dovlatyan, L. A. Khachatryan, USSR Inv. Art. 468497; *Б. И.*, № 5, 236 (1979).
23. V. V. Dovlatyan, L. A. Khachatryan, Ger. Pat. 2653834; *Chem. Abstr.*, **90**, 104019 (1979).
24. Armenian Agricultural Institute, Jpn. Pat. 7871089; *Chem. Abstr.*, **90**, 6424 (1979).
25. R. Fauss, H. J. Riebel, Ger. Pat. 3507750; *Chem. Abstr.*, **105**, 226663 (1986).
26. Hitachi, Jpn. Pat. 58131972; *Chem. Abstr.*, **100**, 7362 (1984).
27. B. Vercek, B. Stanovnik, M. Tisler, *Heterocycles*, **11**, 313 (1978).
28. B. Koren, B. Stanovnik, M. Tisler, *Heterocycles*, **26**, 689 (1987).
29. G. R. Revencar, R. V. Robins, R. L. Tolman, *J. Org. Chem.*, **39**, 1256 (1974).
30. M. Hori, K. Tanaka, T. Kataoka, H. Shimizu, E. Imai, K. Kimura, Y. Hashimoto, *Tetrahedron Lett.*, 1321 (1985).
31. M. Hori, K. Tanaka, T. Kataoka, H. Shimizu, E. Imai, K. Kimura, Y. Hashimoto, *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 2333 (1985).
32. В. Н. Конохов, Л. Н. Дианова, Т. Г. Кокшарова, Н. В. Волкова, В. А. Бакулев, О. С. Анисимова, *ХГС*, 421 (1985).
33. В. В. Довлатян, Э. Н. Амбарцумян, Л. А. Хачатрян, С. Г. Багразян, А. с. СССР 448716; *Б. И.*, № 5, 237 (1979).
34. V. V. Dovlatyan, E. N. Ambartsumyan, L. A. Khachatryan, S. G. Bagrazyan, Ger. Pat. 2657944; *Chem. Abstr.*, **90**, 67719 (1979).
35. V. V. Dovlatyan, E. N. Ambartsumyan, L. A. Khachatryan, S. G. Bagrazyan, Swiss Pat. 605854; *Chem. Abstr.*, **90**, 67719 (1979).
36. В. В. Довлатян, Л. А. Хачатрян, Э. Н. Амбарцумян, *Арм. хим. журн.*, **33**, 311 (1980).
37. В. В. Довлатян, Л. Л. Гюльбудагян, Э. Н. Амбарцумян, *Арм. хим. журн.*, **35**, 478 (1982).
38. Г. С. Амазаспян, Э. Н. Амбарцумян, В. В. Довлатян, *Арм. хим. журн.*, **43**, 668 (1990).
39. В. В. Довлатян, Л. Л. Гюльбудагян, Э. Н. Амбарцумян, *Арм. хим. журн.*, **36**, 404 (1983).
40. Г. С. Амазаспян, Э. Н. Амбарцумян, В. В. Довлатян, *Арм. хим. журн.*, **43**, 710 (1990).
41. В. В. Довлатян, Л. Л. Гюльбудагян, Э. Н. Амбарцумян, *Арм. хим. журн.*, **35**, 322 (1982).
42. В. В. Довлатян, Э. Н. Амбарцумян, Г. С. Амазаспян, *Арм. хим. журн.*, **43**, 267 (1990).
43. В. В. Довлатян, Л. Л. Гюльбудагян, Э. Н. Амбарцумян, *Арм. хим. журн.*, **40**, 714 (1987).
44. Э. Н. Амбарцумян, Г. С. Амазаспян, В. В. Довлатян, *Арм. хим. журн.*, **43**, 460 (1990).
45. J. C. Petitpierre, H. Askerman, Ger. Pat. 2263853; *Chem. Abstr.*, **79**, 92293 (1973).
46. G. Rembarz, E. Fischer, S. Iakubowsky, R. Evers, *Wiss. Z. Wilhelm-Pieck-Univ. Rostok. Naturwiss. R.*, **31**, 11 (1982).
47. R. Freiberg, F. Bulka, *J. Prakt. Chem.*, **329**, 259 (1987).
48. H. J. Diehr, Ch. Fest, R. Kirsten, J. Kluth, K. Mueller, Ger. Pat. 3517821; *Chem. Abstr.*, **105**, 42850 (1986).
49. В. В. Довлатян, Л. А. Хачатрян, Э. Н. Амбарцумян, *Арм. хим. журн.*, **32**, 799 (1982).
50. С. А. Хасанов, Ч. Ш. Кадыров, М. Акбарова, *Химия природ. соед.*, 704 (1979).
51. Р. П. Бокалдере, А. Я. Лиепинь, И. Б. Мажейка, И. С. Янковска, Э. Э. Лиепиньш, *ХГС*, 419 (1973).
52. B. Vercek, V. Ogorevc, B. Stanovnik, M. Tisler, *Monatsh. Chem.*, **114**, 789 (1983).
53. C. W. Thornber, J. M. Farrell, D. S. Clarke, *Synthesis*, 222 (1983).
54. L. M. Werbel, A. Curry, E. F. Elslager, C. Hess, *J. Heterocycl. Chem.*, **10**, 363 (1973).
55. В. А. Дорохов, М. Ф. Гордеев, *Изв. АН СССР. Сер. хим.*, 1211 (1989).
56. В. А. Дорохов, М. Ф. Гордеев, З. К. Демьянец, М. Н. Бочкарева, В. С. Богданов, *Изв. АН СССР. Сер. хим.*, 1806 (1989).
57. В. А. Дорохов, М. Ф. Гордеев, З. К. Демьянец, М. Н. Бочкарева, Л. Г. Воронцова, М. Г. Курелла, *Изв. АН СССР. Сер. хим.*, 407 (1990).
58. Ю. С. Андрейчиков, Д. Д. Некрасов, *ЖОрХ*, **24**, 2237 (1988).
59. Л. Л. Гюльбудагян, Э. Н. Амбарцумян, В. В. Довлатян, *Арм. хим. журн.*, **42**, 518 (1989).

60. Г. С. Амазаспян, Э. Н. Амбарцумян, В. В. Довлатян, *Арм. хим. журн.*, **45**, 84 (1992).
61. В. В. Довлатян, Э. Н. Амбарцумян, Г. С. Амазаспян, *ХГС*, 84 (1996).
62. В. В. Довлатян, Л. Л. Гюльбудагян, Э. Н. Амбарцумян, *Арм. хим. журн.*, **36**, 399 (1983).
63. В. В. Довлатян, К. А. Элиазян, В. А. Пивазян, А. М. Акопян, *ХГС*, 818 (1993).
64. В. А. Дорохов, М. Ф. Гордеев, *Изв. АН СССР. Сер. хим.*, 458 (1987).
65. В. А. Дорохов, М. Ф. Гордеев, З. К. Демьянец, *ХГС*, 1424 (1987).
66. T. Sasaki, E. Ito, *J. Heterocycl. Chem.*, **18**, 1353 (1981).
67. T. Itaya, K. Ogawa, *Tetrahedron Lett.*, 2907 (1978).
68. T. Itaya, K. Ogawa, *Tetrahedron*, **38**, 1767 (1982).
69. D. W. Wilei, O. W. Webster, E. P. Banchard, *J. Org. Chem.*, **43**, 3427 (1978).
70. N. I. Kos, H. C. Plas, *J. Org. Chem.*, **45**, 2942 (1980).
71. P. Victory, M. Garriga, *Heterocycles*, **23**, 1947 (1985).
72. H. Kristianson, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 350 (1974).
73. В. В. Довлатян, *ХГС*, 17 (1998).
74. Д. Д. Некрасов, Ю. С. Андрейчиков, С. Н. Шуров, Л. Н. Карпова, *Тез. докл. межвузовской конф. Научные основы создания химиотерапевтических средств*, Екатеринбург, 1993, 6.
75. S. A. Vakunov, A. V. Rukovisnikov, A. V. Tjachev, *Synthesis*, **8**, 1148 (2000).
76. С. В. Паньков, Н. А. Беляева, В. В. Вишняков, П. П. Пурыгин, *ЖОрХ*, **37**, 451 (2001).
77. O. Nuket, E. Jhsan, *Tetrahedron Lett.*, **42**, 4765 (2001).
78. Д. Д. Некрасов, С. Н. Шуров, в кн. *Перспективы развития естественных наук в высшей школе*, Пермь, 2002, **1**, 56–60.
79. Н. А. Кленова, З. П. Белоусова, *Хим.-фарм. журн.*, **36**, № 8, 45 (2002).

*Институт технической химии УрО РАН,
Пермь 614000
e-mail: bav@psu.ru*

Поступило в редакцию 17.01.2000