

Н. А. Анисимова, Н. Г. Макарова, В. М. Берестовицкая

**СОПРЯЖЕННЫЕ НИТРОАЛКЕНЫ
В РЕАКЦИЯХ С ДИАЗОСОЕДИНЕНИЯМИ***

Обобщены, систематизированы и проанализированы литературные данные, включающие реакции сопряженных нитроалкенов с алифатическими и ароматическими диазосоединениями; показаны синтетические возможности этих реакций. Приведены примеры практического использования аддуктов 1,3-диполярного циклоприсоединения.

N. Anisimova, N. Makarova, V. Berestovitskaya

**CONJUGATED NITROALKENES
IN REACTIONS WITH DIAZOCOMPOUNDS**

The literature data about reactions of conjugated nitroalkenes with aliphatic and aromatic diazocompounds are summarized, systematized and analyzed; the synthetic potential of these reactions is described. Examples of practice application of adducts of 1,3-dipolar cycloaddition are given.

Известно, что реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения являются удобным и доступным методом синтеза пятичленных гетероциклов — пиразолинов, которые в определённых условиях могут трансформироваться в соответствующие пиразолы и циклопропаны [2–4]. Интерес к образующимся гетеро- и карбоциклическим соединениям обусловлен их широким применением в качестве физиологически активных и других практически значимых веществ [5–8].



В литературе процесс 1,3-диполярного циклоприсоединения с участием нитроалкенов представлен в основном взаимодействием алкил- и арилнитроалкенов с азидами и некоторыми диазосоединениями. Однако литературные данные носят разрозненный характер и в большинстве случаев посвящены изучению отдельных представителей 1,3-диполей. В основном это работы 70–80-х годов. В современных обзорных и монографических работах, посвященных химии нитроалкенов, реакциям 1,3-диполярного циклоприсоединения уделяется недостаточное внимание.

* Данная статья является продолжением опубликованного ранее нами обзора «Сопряжённые нитроалкены в реакциях с азидами» [1].

Предлагаемый обзор посвящен обобщению и анализу имеющихся в литературе сведений, касающихся реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения диазосоединений к нитроалкенам. Обзор иллюстрирует синтетические возможности реакций 1,3-диполярного циклоприсоединения и позволяет в определенной степени прогнозировать химическое поведение различных по строению нитроалкенов во взаимодействии с диазосоединениями.

Как известно, алифатические диазосоединения являются классическими реакционноспособными 1,3-диполями; их устойчивость определяется характером заместителя у диазоуглеродного атома. На основе экспериментальных данных диазосоединения по устойчивости можно выстроить в следующий ряд [9, 10]:

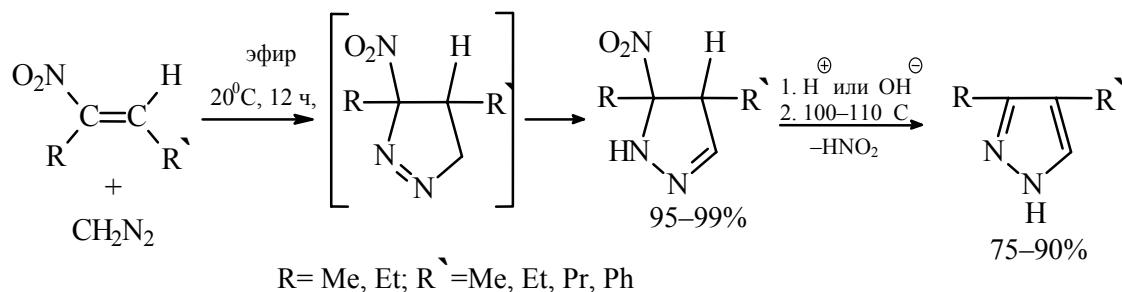


Однако реакционная способность диазосоединений в указанном ряду уменьшается по мере увеличения электроноакцепторного влияния имеющегося заместителя, что связано с возникновением устойчивого сопряжения азогруппы с заместителем [9, 10].

По литературным данным [11, 12] взаимодействие диазосоединений с веществами, содержащими в молекуле активированные кратные связи, приводит к замещенным Δ^1 -пиразолинам, которые, в зависимости от природы заместителя и условий реакции, могут трансформироваться в другие циклические системы: Δ^2 -пиразолины, пиразолы, N-окиси оксазолина и циклопропаны.

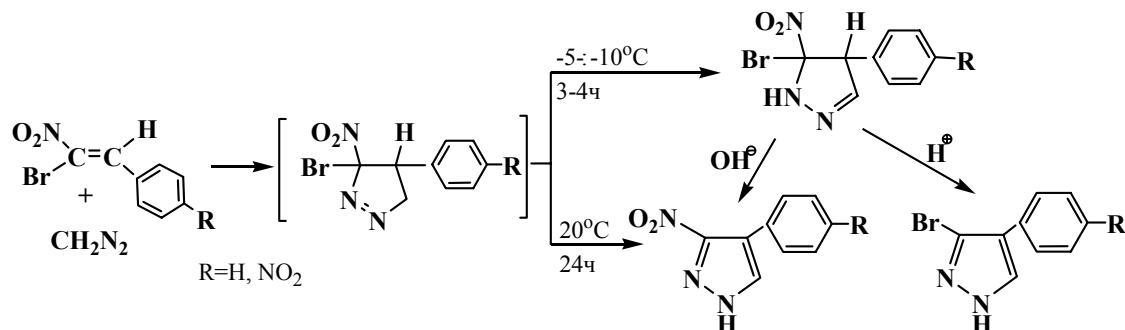
Реакции с диазометаном

Простейший представитель ряда диазосоединений — диазометан с неактивированными алкенами взаимодействует медленно (в течение нескольких дней) с выходами аддуктов 9–50% [10, 11, 13]. С активированными олефинами реакция протекает значительно эффективнее. Процесс 1,3-диполярного циклоприсоединения диазометана к нитроалкенам наиболее детально исследован на примере β -нитrostирола и его производных. По данным работы [13], взаимодействие диазометана с β -нитrostиролом в эфире при 20 °C в течение 12 часов приводит к смеси продуктов, образующихся в результате полимеризации исходного нитроалкена и его реакции с образующимся пиразолином за счет нитрометинового протона цикла. Этими же авторами показано, что введение в реакцию с диазометаном дизамещенных нитроалкенов — 2-нитро-2-гептена, 3-нитро-3-гексена, 1-метил-1-нитро-2-фенилэтена — в аналогичных условиях (эфир, 20 °C, 12 ч) завершается образованием соответствующих нитросодержащих Δ^2 -пиразолинов, выделенных с количественными выходами [13].



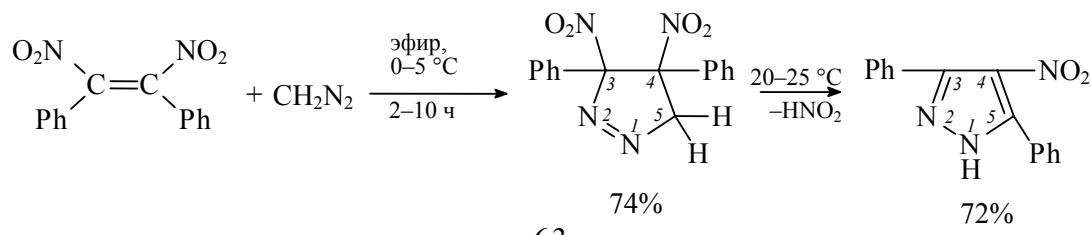
Следует отметить, что при ужесточении условий процесса путем повышения температуры или длительности выдержки, а также окислении полученных Δ^2 -пиразолинов в кислых или щелочных средах получены 3,4-диалкилпиразолы (75–90%) [13].

Введение атома галогена в *гем*-положение к нитрогруппе β -нитростирола и его замещенных дополнительно активирует диполярофилы [14]. Так, взаимодействие *гем*-галогеннитростирола с диазометаном проходит при температуре от -5 до -10 °C за 3–4 часа и сопровождается быстрой изомеризацией первоначально образующегося неустойчивого нитро- Δ^1 -пиразолина в Δ^2 -пиразолин, который под действием концентрированной соляной кислоты или раствора бикарбоната натрия превращается в 3-бром- или 3-нитро-4-фенилпиразолы с выходами 66 и 73% соответственно [15]. Повышение температуры реакции до 20 °C приводит к выделению только нитропиразола с выходом 43%.

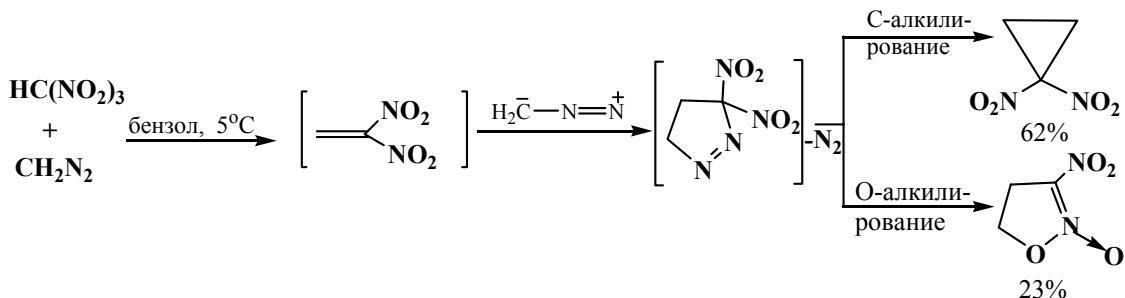


Образование нитропиразола наблюдается также при взаимодействии 2-нитро-1-хлорэтилена с диазометаном [16].

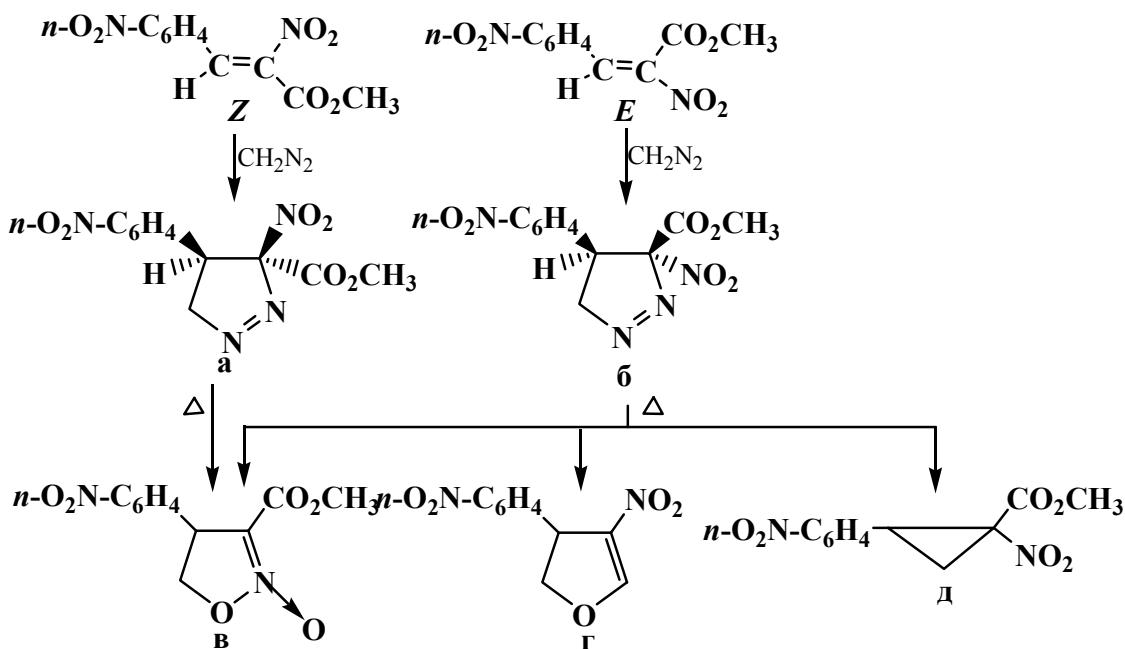
Реакции *цис*- и *транс*-динитростильбенов с диазометаном при 0–5 °C приводят к образованию неустойчивого Δ^1 -пиразолина, который уже при комнатной температуре элиминирует азотистую кислоту и путем миграции фенильного заместителя от атома C⁴ к атому C⁵ превращается в 4-нитро-3,5-дифенил-1*H*-пиразол [17–19].



Наряду с пиразолинами, пиразолами и нитропиразолами в результате реакций нитроалкенов с диазометаном могут получаться нитроцикло-пропаны, причем образование малого цикла может быть главным направлением реакции. Так, при взаимодействии диазометана с *гем*-динитроэтеном (образующимся *in situ*) в бензоле при 5 °C в качестве основного продукта получен 1,1-динитроциклоопропан (62%), кроме него из реакционной смеси выделена N-окись 3-нитроизоксазолина (23%) [20].



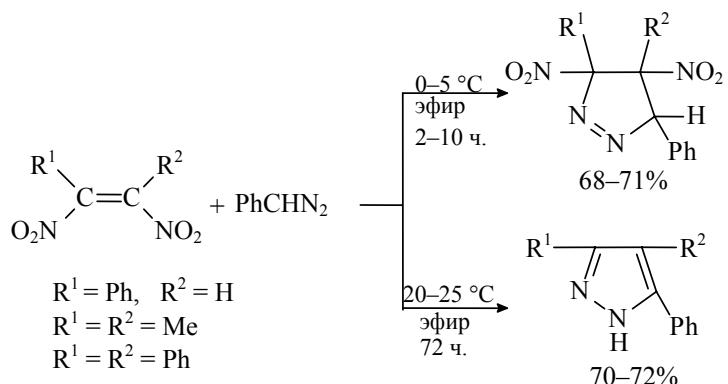
В работе [21] *цис*- и *транс*-изомерные Δ^1 -пиразолины (**а**, **б**), полученные при взаимодействии (*Z*) и (*E*)-изомеров метилового эфира 2-нитро-3-(4-нитрофенил)коричной кислоты с диазометаном (эфир, -22 °C, 24 ч), при термическом разложении образуют сложную смесь продуктов. *Цис*-замещенный Δ^1 -пиразолин (**а**) приводит к *N*-окиси изоксазолина (**в**), а *транс*-форма (**б**) — к смеси *N*-окиси изоксазолина (**в**) [4%], замещенным дигидрофурана (**г**) [48%] и циклопропана (**д**) [43%].



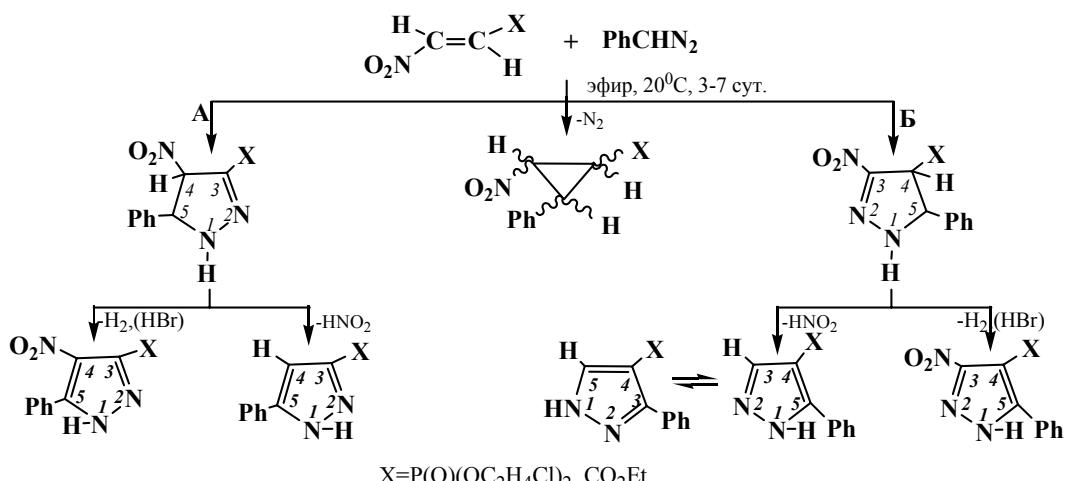
Реакции с фенил- и дифенилдиазометаном

Наличие фенильного кольца в составе молекулы диазометана, как упоминалось выше, увеличивает стабильность диазосоединения. По этой причине фенил- и дифенилдиазометан с неактивированными олефинами не реагируют.

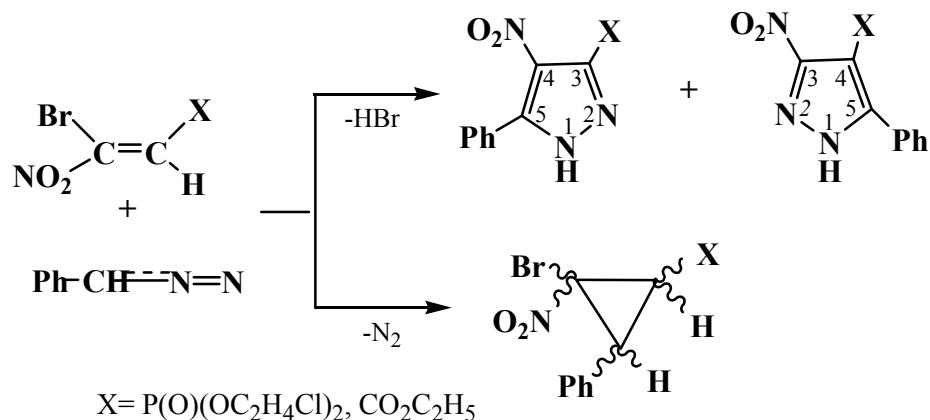
Согласно литературным данным [18, 19], фенилдиазометан вступает в реакцию с вицинальнозамещенными динитроалкенами и дает при пониженной температуре ($0\text{--}5^\circ\text{C}$, 2–10 часов) соответствующие динитро- Δ^1 -пиразолины, а при комнатной температуре ($20\text{--}25^\circ\text{C}$) — Δ^2 -пиразолы.



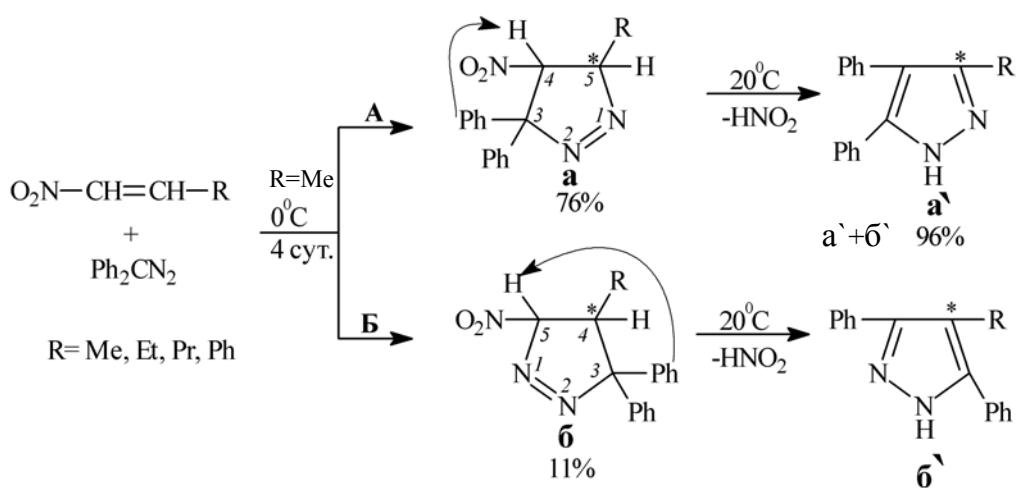
Взаимодействие β -нитроэтилфосфоната и -карбоксилата с фенилдиазометаном протекало в эфире при $18\text{--}20^\circ\text{C}$ в течение трех суток. Однако наличие в составе молекулы диполярофилов двух разных электроноакцепторных заместителей в вицинальном положении способствовало образованию региоизомерных Δ^2 -пиразолинов. Последние в условиях проведения реакции претерпевают дегидрирование и элиминирование азотистой кислоты, превращаясь в соответствующие пиразолы с нитро- и без нитрогруппы. Отметим, что, наряду с аддуктами 1,3-диполярного циклоприсоединения, из реакционной смеси выделены производные циклопропанов [22–24].



Гем-бромнитроэтилфосфонат и -карбоксилат с фенилдиазометаном давали преимущественно региоизомерные нитропиразолы с выходами 43–45%. Как и в случае нитроалканов, не содержащих галоген, в этих реакциях зафиксировано образование соответствующих циклопропанов (8–12%) [22–24].



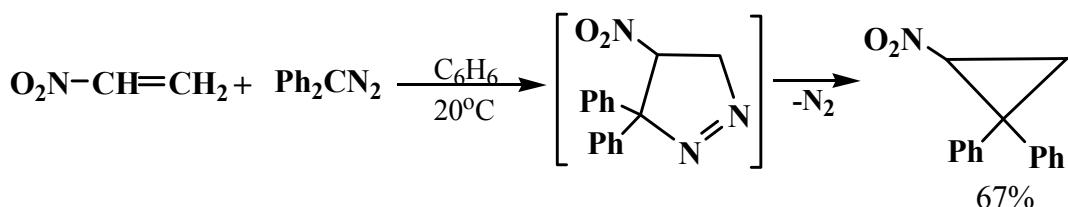
В случае дифенилдиазометана Δ^1 -пиразолины также получены в мягких условиях реакции; кроме того, их образованию способствует введение электронодонорных заместителей в вицинальное положение к нитрогруппе этена. Так, алкилзамещенные нитроэтины реагируют с дифенилдиазометаном при 0 °C в течение четырех дней с образованием региоизомерных 4(5)-нитро- Δ^1 -пиразолинов (**а**), (**б**), выделить их удалось только на холоде. При комнатной температуре получаются соответствующие пиразолы (**а'**), (**б'**), причем элиминированию азотистой кислоты сопутствует миграция фенильного заместителя (перегруппировка Ван-Альфена—Хюттеля) [25–27].



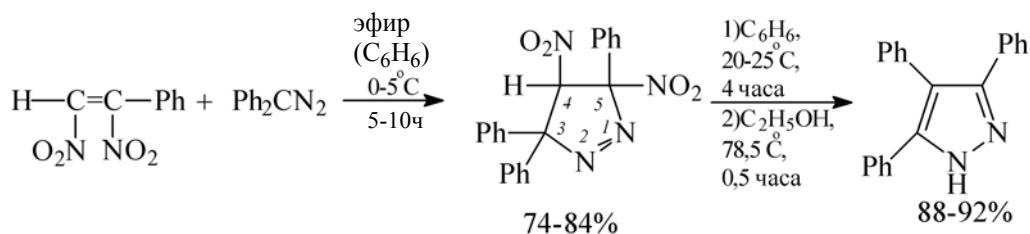
Факт получения региоизомерных 4(5)-нитро- Δ^1 -пиразолинов (**а**, **б**) подтверждается введением изотопной метки в состав нитроалкена и изучением изотопного состава конечных продуктов окисления полученных пиразолов [25, 28].

В случае реакции β -нитrostирола с дифенилдиазометаном авторы работ [25, 27, 29] отмечают исключительное образование одного региоизомера Δ^1 -пиразолина (**а**) с выходом 40%, который при обработке соляной кислотой элиминирует азотистую кислоту, превращаясь в 3,4,5-трифенилпиразол (**а'**).

Взаимодействие дифенилдиазометана с простейшим представителем нитроалкенов — нитроэтиленом приводит к соответствующему Δ^1 -пиразолину, который уже в условиях проведения реакции (20 °C, бензол) превращается в дифенилнитроциклогептан [16, 30–32]. Отметим, что, как показано выше, реакция диазометана с *гем*-динитроэтиленом идет по аналогичному пути с образованием циклопропанового кольца.



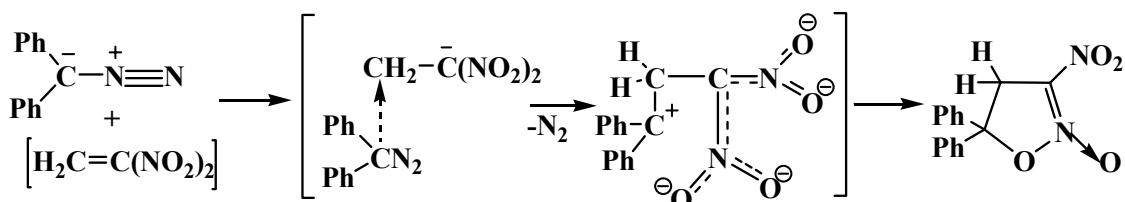
В случае реакции дифенилдиазометана с 1,2-динитроэтенами в зависимости от условий реакции получаются различные структуры. Так, 1,2-динитро-1-фенилэтилен реагирует с дифенилдиазометаном в эфире или бензole в течение 5–10 часов при 0–5 °C и с достаточно высокими выходами (74–84%) образует 3,4-динитро- Δ^1 -пиразолин [11, 18, 19]. Повышение температуры до 20–25 °C в бензole (4 ч) или до 79 °C в спирте (30 мин) завершается образованием 3,4,5-трифенилпиразола (88% — в бензole, 92% — в спирте) вследствие отщепления двух нитрогрупп (помимо, в виде N_2O_4) и миграции фенильного заместителя от C^3 к C^4 атому гетероцикла [18].



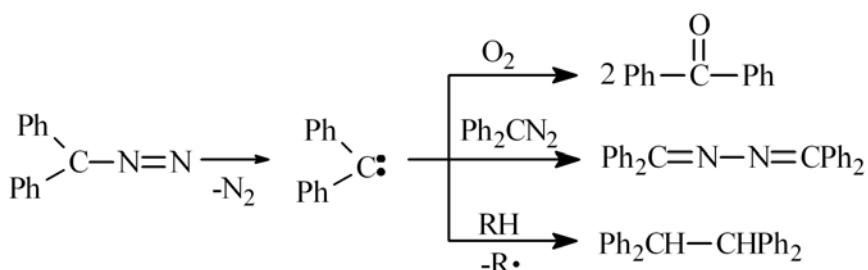
Таким образом, циклоприсоединение дифенилдиазометана, как и фенилдиазометана, к вицинальнозамещенным динитроалкенам в зависи-

ности от условий реакции приводит к соответствующим пиразолинам [11, 19] или пиразолам [18].

Введение в реакцию с дифенилдиазометаном *гем*-динитроэтилена завершается образованием N-оксида нитроизоксазолина, формирование которого авторы [33] объясняют делокализацией отрицательного заряда в биполярном ионе на атомах кислорода нитрогруппы.

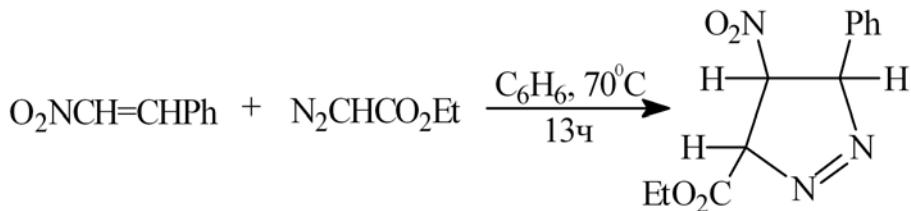


Осуществление реакции дифенилдиазометана с нитроалкенами при высоких температурах (100–120 °C), согласно литературным сведениям [34–36], приводит к серии веществ (бензофенон, бензофенонализин, тетрафенилэтан), возникновение которых авторы связывают с различными путями превращений самого исходного дифенилдиазометана.



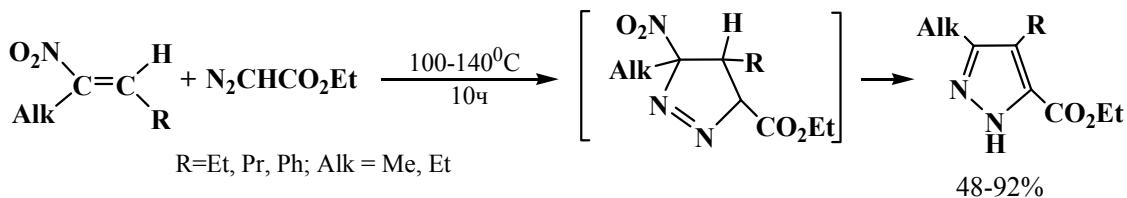
Реакции с диазоуксусным эфиром

Наличие в диазоуксусном эфире сложноэфирной группы делает его, с одной стороны, еще менее реакционноспособным по сравнению с фенил- и дифенилдиазометаном, а с другой — более устойчивым к температурным воздействиям (он выдерживает нагревание до 100–140 °C). Известно, что диазоуксусный эфир не взаимодействует с активированными олефинами в растворе инертного растворителя при 0–20 °C [10]. Для успешного протекания реакции необходимо повышение температуры. Так, β -нитrostирол реагирует с алкилдиазоацетатом при нагревании реакционной смеси до 70 °C, в результате получен замещенный Δ^1 -пиразолин с выходом 70–92% [13, 37].

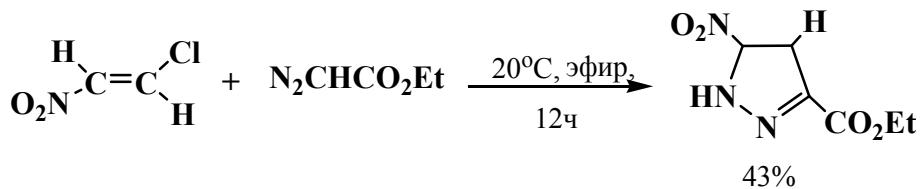


Однако в случае алифатических нитроалкенов в подобных условиях выходы соответствующих пиразолинов не превышают 25–46%.

Осуществление реакции циклоприсоединения алкилдиазоацетата к алкил- и арилнитроэтенам при более высокой температуре (100–140 °C) завершается образованием пиразолов за счет элиминирования азотистой кислоты из первоначально образующихся нитросодержащих Δ^1 -пиразолинов [11, 13, 16].



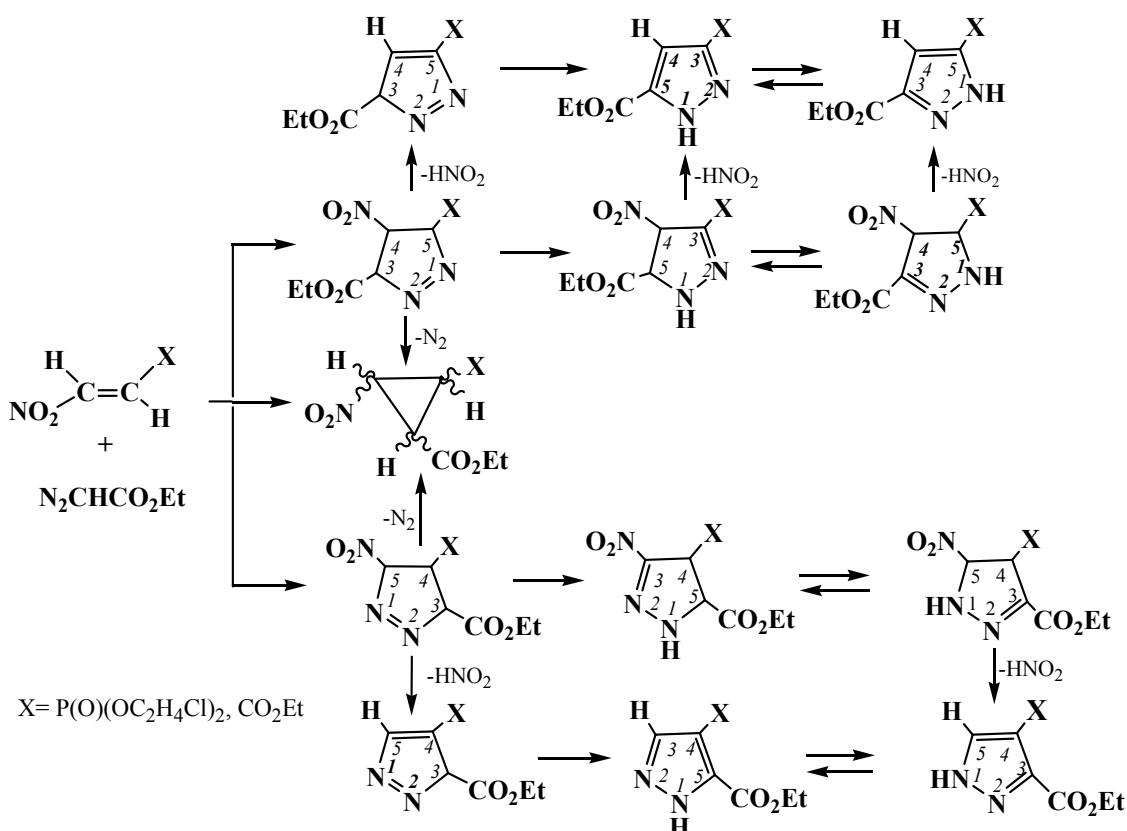
Введение атома галогена в вицположение к нитрогруппе нитроэтина, видимо, дополнительно активирует диполярофил, что позволяет снизить температуру реакции до комнатной. Так, в случае использования в качестве диполярофила β -хлорнитроэтина конечным продуктом реакции является нитропиразол, образующийся за счет более легкого отщепления (по сравнению с азотистой кислотой) галогеноводорода [16].



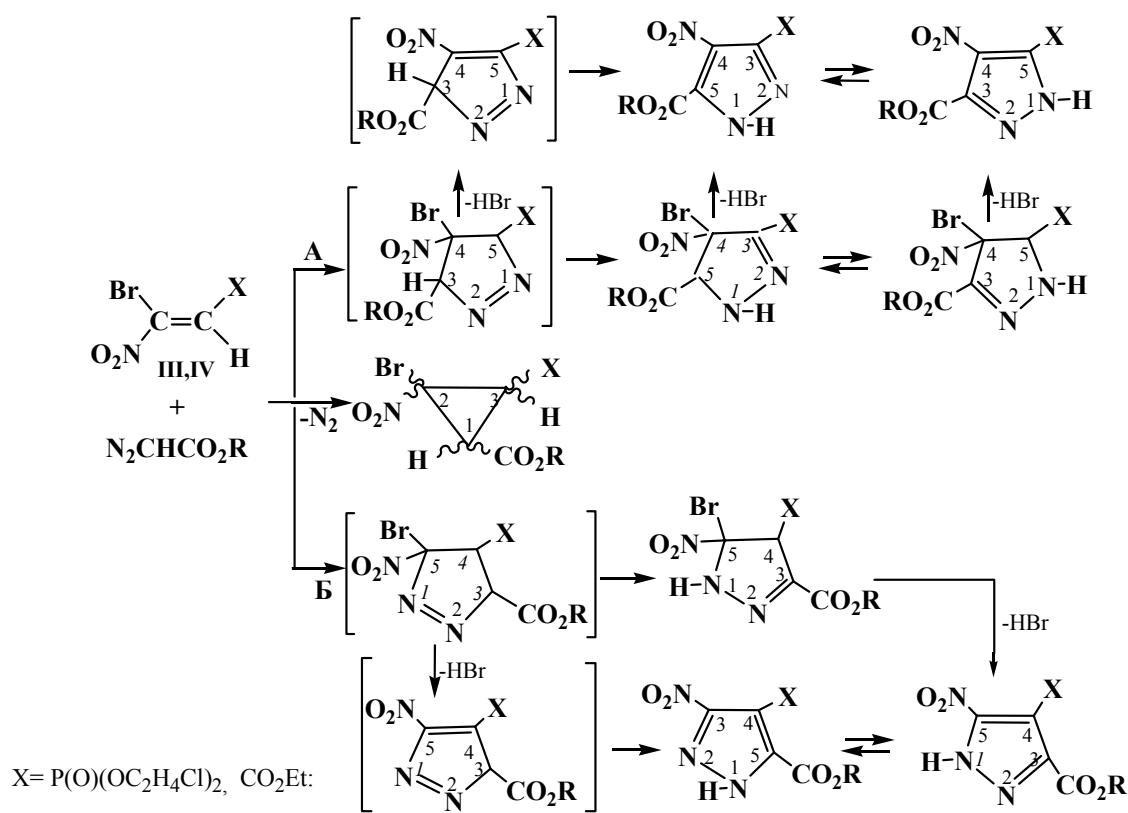
Аналогично в мягких условиях (эфир, 20 °C, 7 сут) диазоуксусный эфир реагировал с вицинально замещенными нитроалкенами — β -нитроэтилфосфонатом и -карбоксилатом. Однако в этом случае процесс протекал довольно сложно. Первоначально образующиеся Δ^1 -пиразолины вследствие присутствия в молекуле трех электроноакцепторных заместителей $[\text{P}(\text{O})(\text{OR})_2, \text{CO}_2\text{R}, \text{NO}_2]$ легко подвергались прототропной изомеризации в соответствующие Δ^2 -пиразолины, отличающиеся друг от друга

сопряжением азометинового фрагмента с нитро- или диалкоксифосфорильной (алкоксикарбонильной) группами.

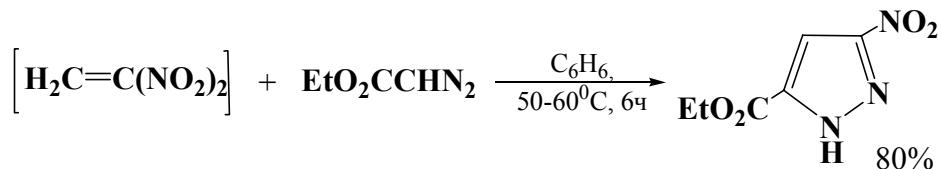
Однако реакция на этом не заканчивалась, а протекала более глубоко. Региоизомерные Δ^1 - Δ^2 -пиразолины, отщепляя азотистую кислоту, превращались в соответствующие таутомерные Δ^1 - Δ^2 -пиразолы. Наряду с пятичленными гетероциклами из реакционной смеси были выделены нитроциклогексаны [38–40].



Аналогично с диазоуксусным эфиром реагировали *гем*-бромнитроэтилфосфонат и -карбоксилат, приводя к образованию соответствующих Δ^1 - Δ^2 -пиразолинов и -пиразолов. Наряду с пятичленными гетероциклами отмечено также образование производных циклопропана [39–41].



Взаимодействие *гем*-динитроэтилена с диазоуксусным эфиром [33], в отличие от реакций этого нитроалкена с диазометаном и дифенилдиазометаном, приводящих к динитроциклогептану и N-оксиду нитроизоксазолина, завершается образованием нитропиразола.



Причину различного поведения диазосоединений (CH_2N_2 , Ph_2CN_2 , $\text{EtO}_2\text{CCHN}_2$) в реакциях с *гем*-динитроалкенами авторы работы [33] объясняют упрочнением C–N связи в диазогруппе биполярного иона в случае диазоуксусного эфира за счет индуктивного эффекта алcoxикарбонильной группы и эффекта π -*p*-сопряжения.

Итак, анализ литературного материала, касающегося взаимодействия нитроалканов с диазосоединениями, позволяет сделать некоторые обобщения. Наиболее изученными являются реакции с диазометаном, в меньшей степени — с дифенилдиазометаном, совсем мало работ с участием диазоуксусного эфира и фенилдиазометана. Все описанные реак-

ции идут, как правило, региоспецифично с образованием пиразолинов или в более жестких условиях — пиразолов. Протекание процесса 1,3-диполярного циклоприсоединения с преимущественным образованием смеси региоизомерных аддуктов (пиразолов, триазолов) наблюдалось в случае использования в качестве диполярофилов β -нитроэтилфосфоната, β -нитроакрилата и их *гем*-бромзамещенных аналогов. Нитро- и динитроциклогептаны выделены на примере взаимодействияmono- и динитроэтенов с дифенилдиазометаном и диазометаном соответственно, при этом формирование малых циклов являлось мажорным направлением процесса. Существенно, что реакция *гем*-динитроэтилена с дифенилдиазометаном приводит к *N*-оксиду изоксазолина, а с этилдиазоацетатом — к соответствующему нитропиразолу.

Совокупность приведенных в литературе примеров реакций нитроалкенов с азидами и диазосоединениями иллюстрирует широкие возможности конструирования на их основе азотистых гетероциклов, нитроциклогептанов и одновременно подчеркивает четкую зависимость маршрутов рассматриваемых процессов от строения исходных реагентов (1,3-диполя, диполярофила) и условий их взаимодействия.

Судя по литературным данным, интерес к реакциям нитроалкенов с азидами и диазосоединениями не ослабевает. На их основе получен достаточно большой ассортимент триазолов, нитротриазолов, пиразолов, нитропиразолов, фуроксанов и других гетеро-, карбоциклических веществ; реакции циклоприсоединения обеспечивают удобные синтетические подходы к целенаправленному синтезу гетероциклических структур, в том числе и имеющих ценное прикладное значение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Анисимова Н. А., Макарова Н. Г., Берестовицкая В. М. Сопряженные нитроалкены в реакциях с азидами // Известия РГПУ им. А. И. Герцена 2007. Вып. 7(26). С. 100–111.
2. Анисимова Н. А., Дейко Л. И., Берестовицкая В. М. Производные пиразолин-карбоновых кислот: получение и химические превращения // Избранные методы синтеза и модификации гетероциклов. М., 2003. Т. 1. С. 7–22.
3. Анисимова Н. А., Берестовицкая В. М., Макарова Н. Г. Синтез азотсодержащих гетероциклов на основе реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения // Химия и биологическая активность синтетических и природных соединений. Азотистые гетероциклы и алкалоиды / Под ред. В. Г. Карцева. М., 2006. С. 24–25.
4. Анисимова Н. А., Берестовицкая В. М., Макарова Н. Г. Синтез азотсодержащих гетероциклов на основе β -нитроэтилфосфонатов и -карбоксилатов // Химия и биологическая активность синтетических и природных соединений. Азотистые гетероциклы. и алкалоиды / Под ред. В. Г. Карцева М., 2006. С. 217–218.
5. Справочник Видаль. Лекарственные препараты в России: Справочник. М., 2003.
6. Машковский М. Д. Лекарственные средства: В 2 т. М., 2002. Т. 1; Т. 2.

7. Янилкин В. В., Торопчина А. В., Морозов В. И., Мовчан А. И., Сысоева Л. П., Бузыкин Б. И., Чмутова Г. А. Электрохимическое окисление 4-гидроксиминопиразол-2-ин-5-онов // ЖОХ. 2001. Т. 71. Вып. 10. С. 1709–1714.
8. Touham F., Aouniti A., Abed Y. etc. New pyrasolis compounds as carrosia inhibitors for Iron Armco in hidrogen cloride media // Bull. Electrochem. 2000. V. 16 (6). P. 245–249.
9. Korobizina I. K., Rodina L. L. Aliphatishe Diazo-Verbindungen //Methodickum Chemicum. 1974. Vol. 4. № 105. P. 80–86.
10. Дьяконов. И. А. Алифатические диазосоединения. Л., 1958.
11. Бараньски А., Келарев В. И. Синтез гетероциклов реакциями 1,3-диполярного циклоприсоединения с участием нитроалкенов. 3. Взаимодействие нитроалкенов с органическими азидами // ХГС. 1990. Т. 4. С. 435–452.
12. Callaghan P. D., Gibson M. S. Degydrogenation accompanying Certain Cycloaddition Reactions of β -Nitrostyrene // Chem. Commun. 1967. Vol. 18. P. 918.
13. Parcham W., Bleasdale I. L. Reactions of Diazocompounds with Nitroolefins. Preparation of Pyrazolines // J. Am. Chem. Soc. 1950. Vol. 72. № 9. P. 3843–3846.
14. Яновская Л. А. Современные теоретические основы органической химии. М., 1978.
15. Parham W. E., Bleasdale J. L. Condensation of Diazocompounds with Nitroolefins. II. 3-Bromo- and 3-nitropyrazolines // J. Am. Chem. Soc. 1951. Vol. 73. № 10. P. 4664–4666.
16. Verbruggen R., Viehe H. G. Cycloaddition with 2-Chloro-1-nitroethelene // Chimia. 1975. Vol. 29. № 8. P. 350–352.
17. Кремлева О. Б., Фридман А. Л. Реакции алифатических диазосоединений с нитроалкенами // Хим. технол.: Обл. научно-техн. конф. 1973. Т. 2. С. 51.
18. Габитов Ф. А., Кремлева О. Б., Фридман А. Л. Реакции алифатических диазосоединений. Взаимодействие арилзамещенных диазоалканов с 1-фенил-1,2-динитроэтиленом // ЖОрХ. Т. 13. Вып. 5. 1977. С. 1117–1118.
19. Габитов Ф. А., Фридман А. Л., Кремлева О. Б. Особенности реакций алифатических диазосоединений с вицинальными динитроалкенами // ХГС. 1975. № 11. С. 1577.
20. Budynina E. M., Ivanova O. A., Averina E. B., Kuznetsova T. S., Zefirov N. S. The first synthesis and reactivity of 1,1-dinitrocyclopropane // Современные тенденции в органическом синтезе и проблемы химического образования: Материалы VI междунар. конф. молодых ученых. СПб., 2005. С. 49–50.
21. Piet J. C., Cailleux P., Benhaoua H., Danion-Bougot R., Carrie R. Addition des diazomethane et diazoethane aux α -nitro paranitrocinnamates de methyle isomere geometriques et a l' α -nitro paranitrobenzylidene acetone Z. Etude physicochimique et thermolyse des pyrazolines obtenues // Bull. Soc. Chim. Belg. 1995. Vol. 104. № 7. P. 449–462.
22. Беркова Г. А., Анисимова Н. А., Макарова Н. Г., Дейко Л. И., Берестовицкая В. М. 2-Нитроэтилфосфонат в реакции с фенилдиазометаном // ЖОХ. 2006. Т. 76. Вып. 1. С. 156–158.
23. Штолин С. В., Макарова Н. Г., Анисимова Н. А., Беркова Г. А., Берестовицкая В. М., Дейко Л. И. Взаимодействие β -нитро- и β -бром- β -нитроэтилфосфонатов с фенилдиазометаном. // Современные тенденции в органическом синтезе и проблемы химического образования: Материалы VI междунар. конф. молодых ученых. СПб., 2005. С. 255.
24. Анисимова Н. А., Макарова Н. Г., Беркова Г. А., Берестовицкая В. М. Взаимодействие этил-3-нитроакрилата с фенилдиазометаном // ЖОрХ. 2007. Т. 43. Вып. 5. С. 788–789.
25. Parcham W. E., Serres C., O'Connor Jr. Reaction of diazocompounds with nitroolefines. V. The orientation of addition of disubstituted diazocompounds to nitroolefins // J. Am. Chem. Soc. 1958. Vol. 80. № 5. P. 588.

26. *Van Alphen J.* Pyrazole and pirazoline derivatives. I. *Cis-* and *trans*-1,1-diphenylcyclopropane-2,3-dicarboxylic acids // *Rec. Trav. Chim.* 1943. Vol. 62. P. 210–214.
27. *Parham W. E., Braxton H. G., O'Connor P. R.* Reaction of diazocompounds with nitroolefins. VI. The reaction of diphenyldiazomethane with 1-nitropropene // *J. Org. Chem.* 1961. Vol. 26. № 6. P. 1805–1807.
28. *Firestone R. A.* On the mechanism of 1,3-dipolar cycloadditions // *J. Org. Chem.* 1968. Vol. 33. № 6. P. 2285–2290.
29. *Huttel R., Franke K., Martin H., Riedl J.* Zur kenntnis der umlagerung 3,3-disubstituierter pyrazolienine // *Chem. Ber.* 1960. Bd. 93. № 6. S. 1433–1435.
30. *Parcham W. E., Braxton H. G., Serrec C.* Reaction of diazo compounds with nitroolefins. VII. The thermal decomposition of nitropyrazolines // *J. Org. Chem.* 1961. Vol. 26. № 6. P. 1831–1834.
31. *Mehrotra A. K., Iyengar R., Ranganathan D., Rao C. B., Ranganathan S.* Nitroethylene: a stable, clean, and reactive agent for organic synthesis // *J. Org. Chem.* 1980. Vol. 45. № 7. P. 1185–1189.
32. *Ranganathan S., Panla C. S.* Novel transformations of nitrocyclopropanes with triisopropylphosphite // *Tetrahedron Lett.* 1971. Vol. 41. P. 3841–3842.
33. *Фридман А. Л., Габитов Ф. А., Сурков В. Д.* Реакции алифатических диазосоединений. VII. О механизме взаимодействия диазосоединений с галогенотринитрометанами и гем-динитроалкенами // *ЖОрХ.* 1972. Т. 8. Вып. 12. С. 2457–2462.
34. *Пудовик А. Н., Гареев Р. Д.* Реакции дифенилдиазометана с производными изопренилфосфоновой кислоты // *ЖОХ.* 1970. Т.40. Вып.5. С.1025-1030.
35. *Пудовик А. Н., Гареев Р. Д., Кузнецова Л. И.* Реакции дифенилдиазометана с винил- и аллилфосфонатами // *ЖОХ.* 1969. Т.33. Вып.9. С1536-1543.
36. *Пудовик А. Н., Гареев Р. Д., Стабровская Л. А.* Реакционная способность непредельных фосфорорганических соединений в реакциях 1,3-диполярного циклоприсоединения диарилдиазометанов // *ЖОХ.* 1973. Т. 43. Вып. 7, 8. С. 1674–1682.
37. *Cook L.* 3-Nitro-4-phenylpyrazole // *U. S. 3.017.326. Jan. 16. 1962. Appl. June. 4. 1959. 2pp.*
38. *Berestovitskaya V. M., Vereshagina Ya. A., Anisimova N. A., Makarova N. G., Deiko L. I.* Dialkyl-2-nitroethenylphosphonates in 1,3-dipolar cycloaddition reactions // Book of abstracts of 16th International Conference on Phosphorus Chemistry. Birmingham, UK. 2004. P. 142.
39. *Anisimova N. A., Makarova N. G., Deiko L. I., Berestovitskaya V. M.* Nitro- and 2-bromo-2-nitroethenylphosphonates in reactions with alkyldiazoacetic esters // Book of abstracts of XIV international conference on chemistry of phosphorus compounds. Kazan, 2005. P. 9.
40. *Анисимова Н. А., Кужаева А. А., Дейко Л. И., Берестовицкая В. М.* Синтез и строение функционально замещенных Δ^1 и Δ^2 -пиразолинов // Химия и биологическая активность синтетических и природных соединений. Азотистые гетероциклы и алкалоиды / Под ред. В. Г. Карцева. М., 2001. Т. 2. С. 27.
41. *Кужаева А. А., Анисимова Н. А., Дейко Л. И., Берестовицкая В. М.* Синтез 3-бис(2-хлорэтил)-5-этоксикарбонил- Δ^2 -пиразола // Химия и биологическая активность синтетических и природных соединений. Азотистые гетероциклы и алкалоиды / Под ред. В. Г. Карцева. М., 2002. Т. 2. С. 27.