

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

СОПРЯЖЕННЫЕ НИТРОАЛКЕНЫ В РЕАКЦИЯХ С ДИАЗОСОЕДИНЕНИЯМИ*

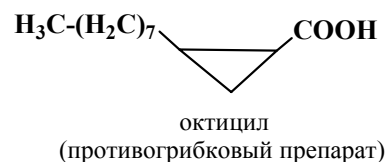
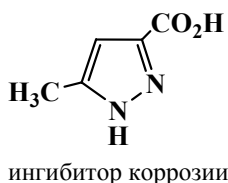
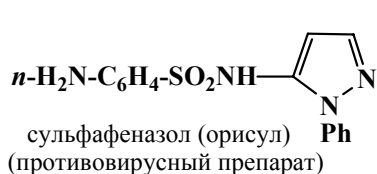
Обобщены, систематизированы и проанализированы литературные данные, включающие реакции сопряженных нитроалкенов с алифатическими и ароматическими диазосоединениями; показаны синтетические возможности этих реакций. Приведены примеры практического использования аддуктов 1,3-диполярного циклоприсоединения.

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 diaзосоединений 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 diaзосоединениями.

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

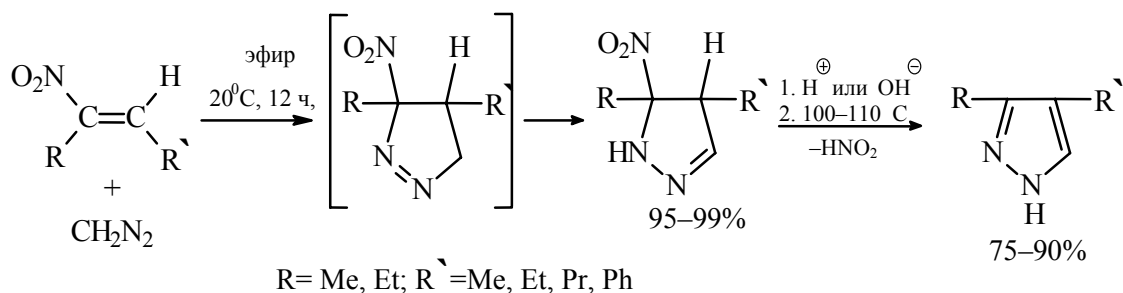


Однако реакционная способность diaзосоединений в указанном ряду уменьшается по мере увеличения электроноакцепторного влияния имеющегося заместителя, что связано с возникновением устойчивого сопряжения азогруппы с заместителем [9, 10].

По литературным данным [11, 12] взаимодействие diaзосоединений 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.

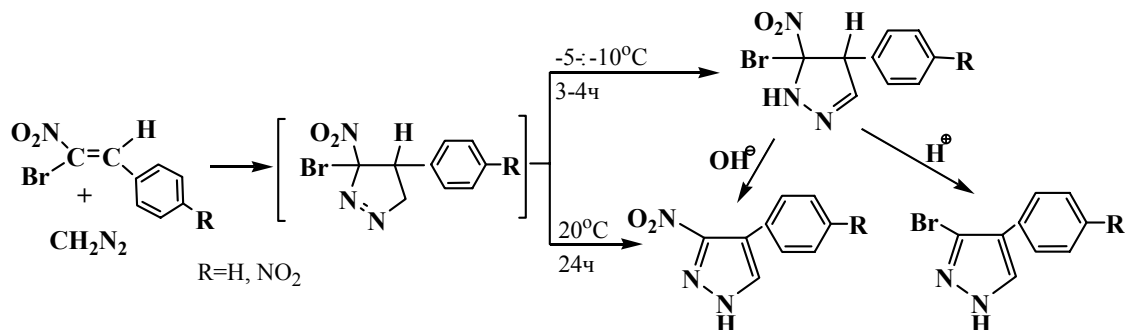
Реакции с диазометаном

Простейший представитель ряда diaзосоединений — 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 -нитростирола и его производных. По данным работы [13], взаимодействие диазометана с β -нитростиролом в эфире при 20 °С 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 °С, 12 ч) завершается образованием соответствующих нитросодержащих Δ^2 -пиразолинов, выделенных с количественными выходами [13].



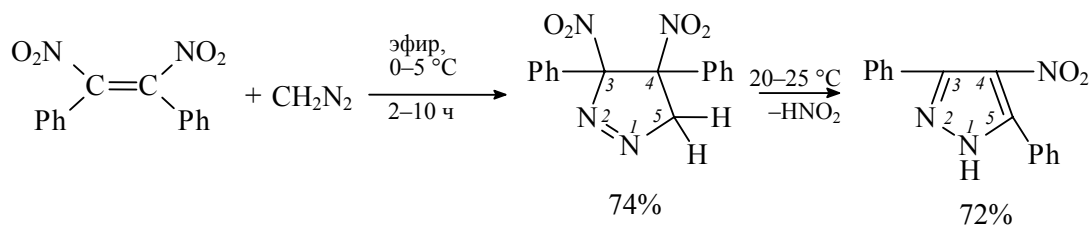
Следует отметить, что при ужесточении условий процесса путем повышения температуры или длительности выдержки, а также окислению полученных Δ^2 -пиразолинов в кислых или щелочных средах получены 3,4-диалкилпиразолы (75–90%) [13].

Введение атома галогена в *гем*-положение к нитрогруппе β -нитростирола и его замещенных дополнительно активирует диполярофилы [14]. Так, взаимодействие *гем*-галогеннитростирола с диазометаном протекает 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%.

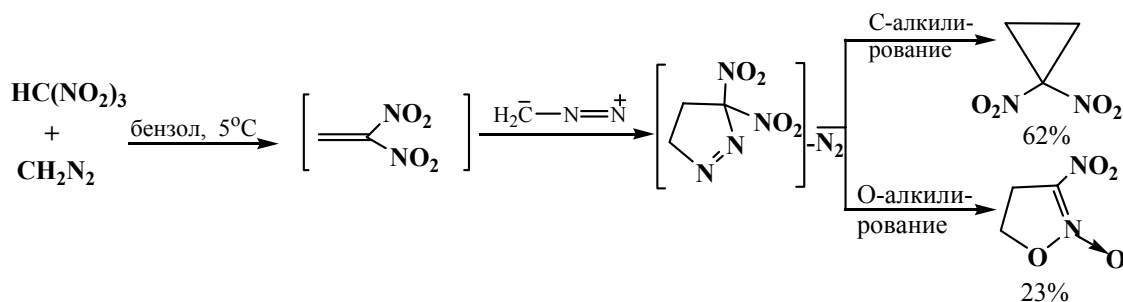


Образование нитропиразола наблюдается также при взаимодействии 2-нитро-1-хлорэтилена с диазометаном [16].

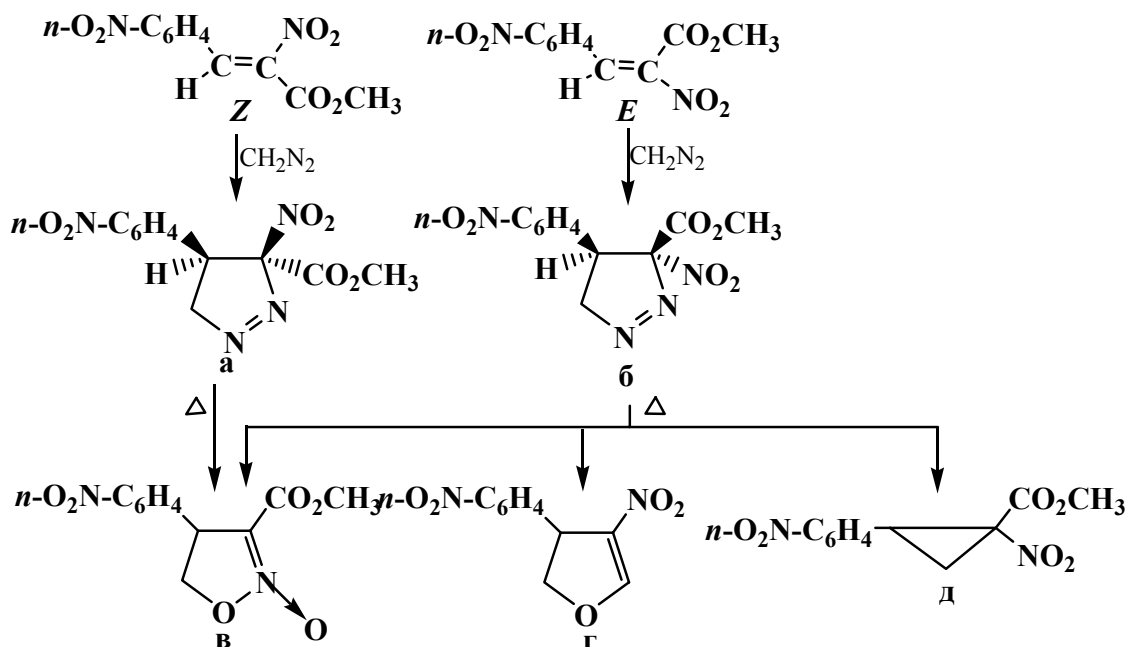
Реакции *цис*- и *транс*-динитростильбенов с диазометаном при 0–5 °C приводят к образованию неустойчивого Δ^1 -пиразолина, который уже при комнатной температуре элиминирует азотистую кислоту и путем миграции фенильного заместителя от атома C^4 к атому C^5 превращается в 4-нитро-3,5-дифенил-1*H*-пиразол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



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



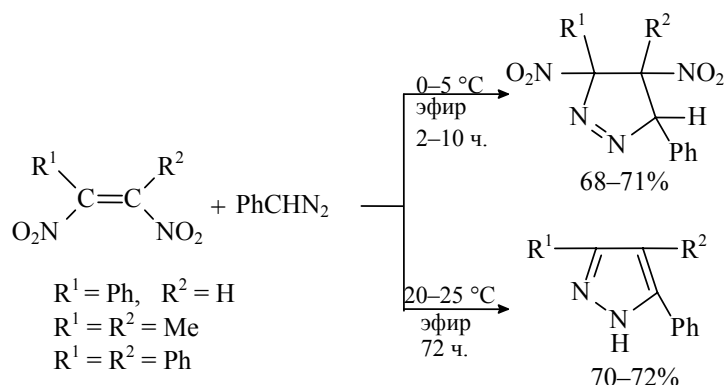
В работе [21] *цис*- и *транс*изомерные Δ^1 -пиразолины (**а**, **б**), полученные при взаимодействии (*Z*) и (*E*)-изомеров метилового эфира 2-нитро-3-(4-нитрофенил)коричной кислоты с диазометаном (эфир, -22 °С, 24 ч), при термическом разложении образуют сложную смесь продуктов. *Цис*-замещенный Δ^1 -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%].



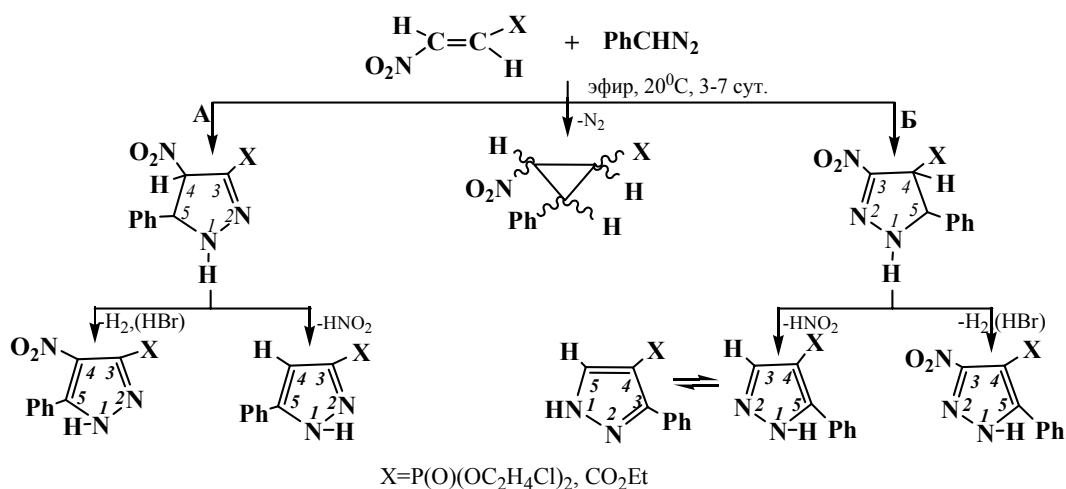
Реакции с фенил- и дифенилдиазометаном

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

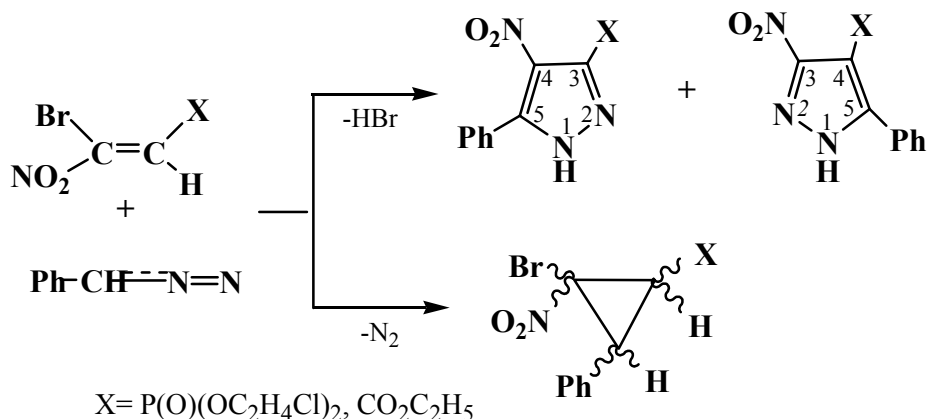
Согласно литературным данным [18, 19], фенилдиазометан вступает в реакцию с вицинальнозамещенными динитроалкенами и дает при пониженной температуре (0–5°C, 2–10 часов) соответствующие динитро- Δ^1 -пиразолины, а при комнатной температуре (20–25 °C) — Δ^2 -пиразолы.



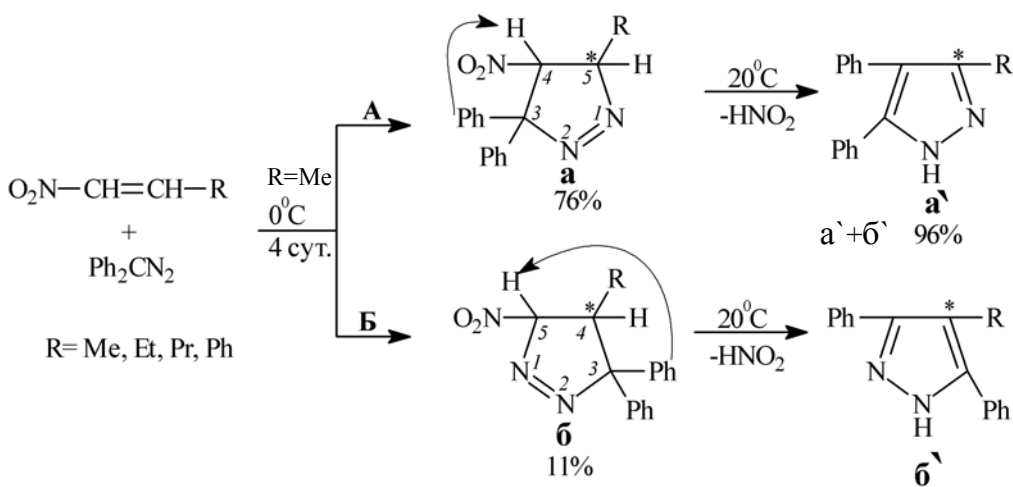
Взаимодействие β -нитроэтилфосфоната и -карбоксилата с фенилдиазометаном протекало в эфире при 18–20 °C в течение трех суток. Однако наличие в составе молекулы диполярфила двух разных электроноакцепторных заместителей в вицинальном положении способствовало образованию региоизомерных Δ^2 -пиразолинов. 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-бромнитроэтиленфосфонат и -карбоксилат с фенилдиазометаном давали преимущественно региоизомерные нитропиразолы с выходами 43–45%. Как и в случае нитроалкенов, не содержащих галоген, в этих реакциях зафиксировано образование соответствующих циклопропанов (8–12%) [22–24].



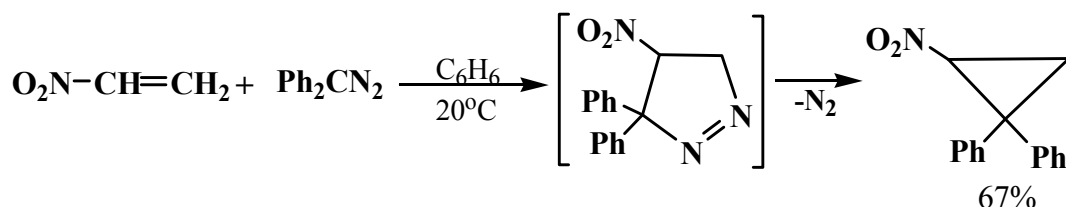
В случае дифенилдиазометана Δ^1 -пиразолины также получены в мягких условиях реакции; кроме того, их образованию способствует введение электронодонорных заместителей в вицинальное положение к нитрогруппе этена. Так, алкилзамещенные нитроэтенны реагируют с дифенилдиазометаном при 0 °С в течение четырех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



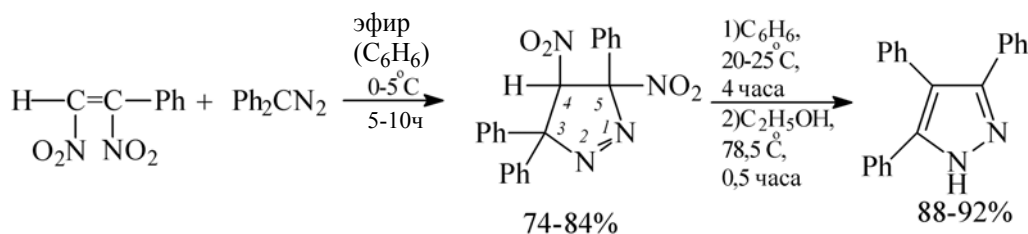
Факт получения региоизомерных 4(5)-нитро- Δ^1 -пиразолинов (**а**, **б**) подтверждается введением изотопной метки в состав нитроалкена и изучением изотопного состава конечных продуктов окисления полученных пиразолов [25, 28].

В случае реакции β -нитростирола 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 °С, бензол) превращается в дифенилнитроциклопропан [16, 30–32]. Отметим, что, как показано выше, реакция диазометана с *гем*-динитроэтиленом идет по аналогичному пути с образованием циклопропанового кольца.



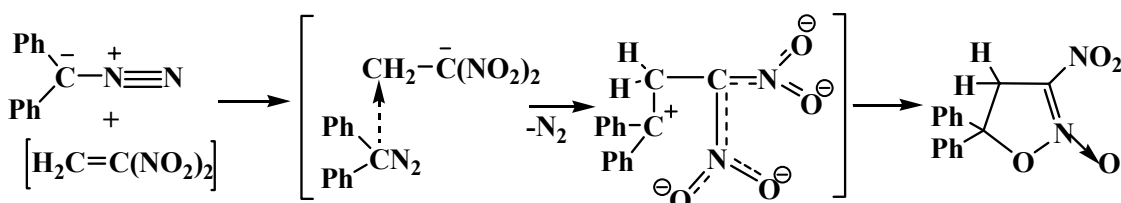
В случае реакции дифенилдиазометана с 1,2-динитроэтенами в зависимости от условий реакции получают различные структуры. Так, 1,2-динитро-1-фенилэтен реагирует с дифенилдиазометаном в эфире или бензоле в течение 5–10 часов при 0–5 °С и с достаточно высокими выходами (74–84%) образует 3,4-динитро- Δ^1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



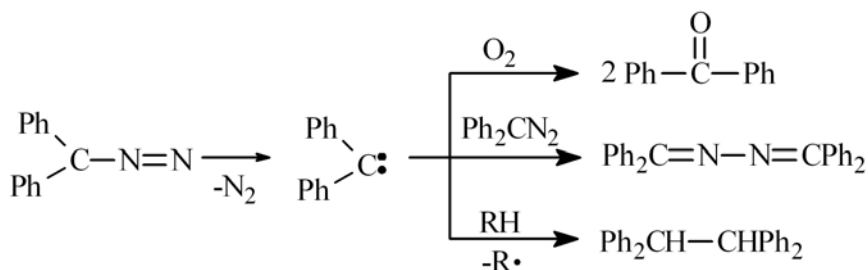
Таким образом, циклоприсоединение дифенилдиазометана, как и фенилдиазометана, к вицинальнозамещенным динитроалкенам в зависи-

мости 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 нитрогрупп.

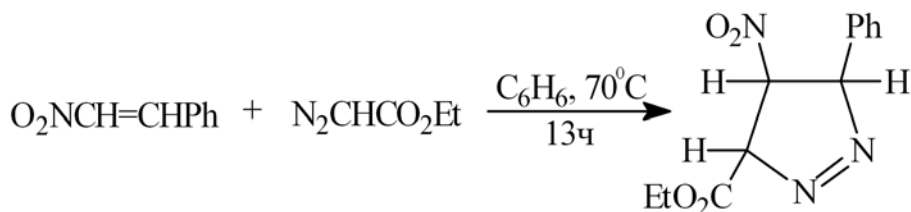


Осуществление реакции дифенилдиазометана с нитроалкенами при высоких температурах (100–120 °С), согласно литературным сведениям [34–36], приводит к серии веществ (бензофенон, бензофеноназин, тетрафенилэтан), возникновение которых авторы связывают с различными путями превращений самого исходного дифенилдиазометана.



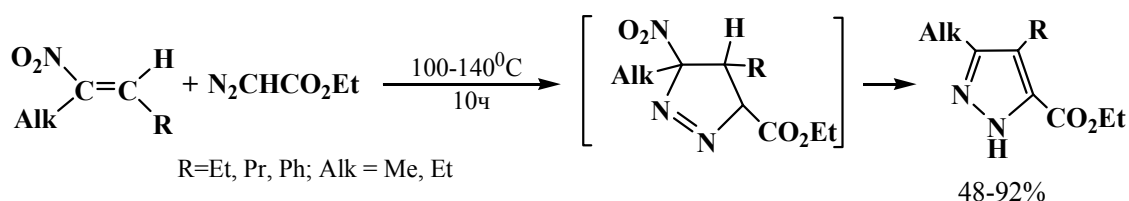
Реакции с диазоуксусным эфиром

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 °С). Известно, что диазоуксусный эфир не взаимодействует с активированными олефинами в растворе инертного растворителя при 0–20 °С [10]. Для успешного протекания реакции необходимо повышение температуры. Так, β -нитростирол реагирует с алкилдиазоацетатом при нагревании реакционной смеси до 70 °С, в результате получен замещенный Δ^1 -пиразолин с выходом 70–92% [13, 37].

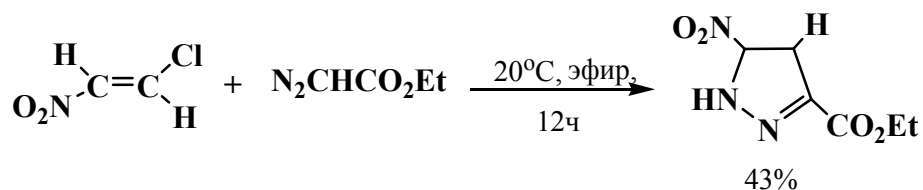


Однако в случае алифатических нитроалкенов в подобных условиях выходы соответствующих пиразолинов не превышают 25–46%.

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



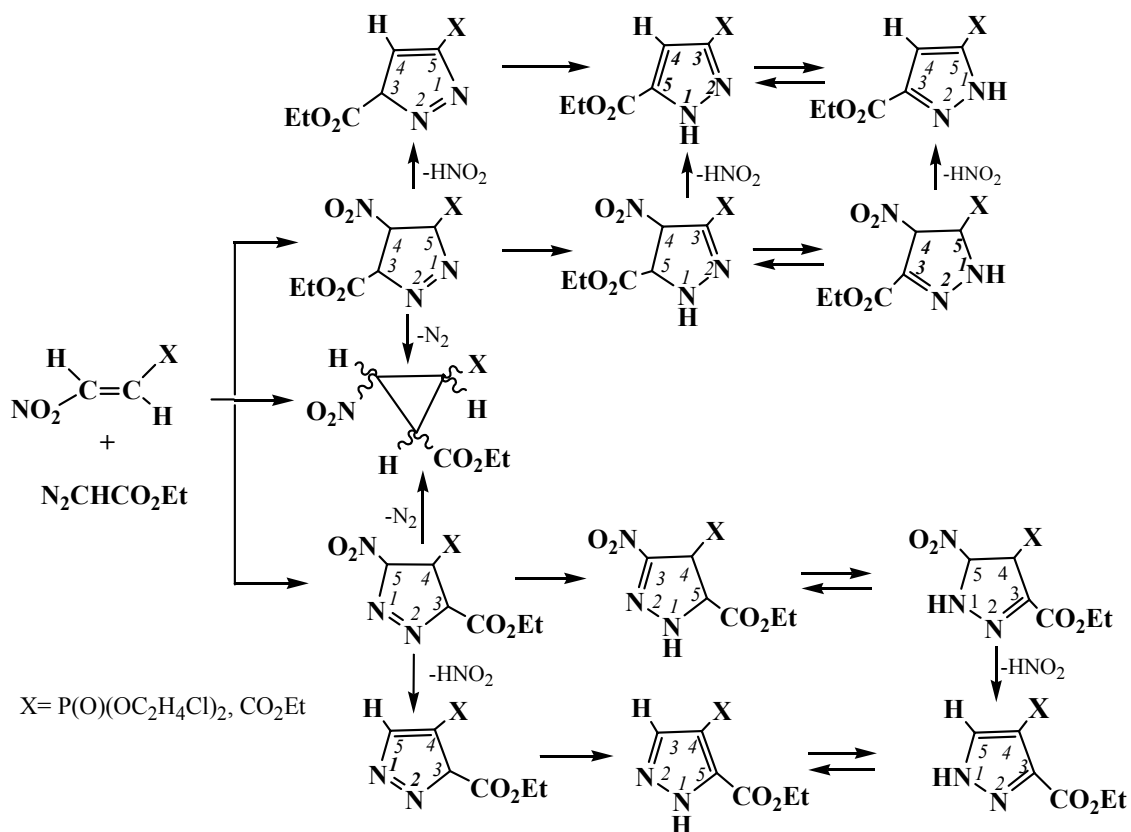
Введение атома галогена в вицположение к нитрогруппе нитроэтена, видимо, дополнительно активирует дипольрофил, что позволяет снизить температуру реакции до комнатной. Так, в случае использования в качестве дипольрофила β -хлорнитроэтена конечным продуктом реакции является нитропиразол, образующийся за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



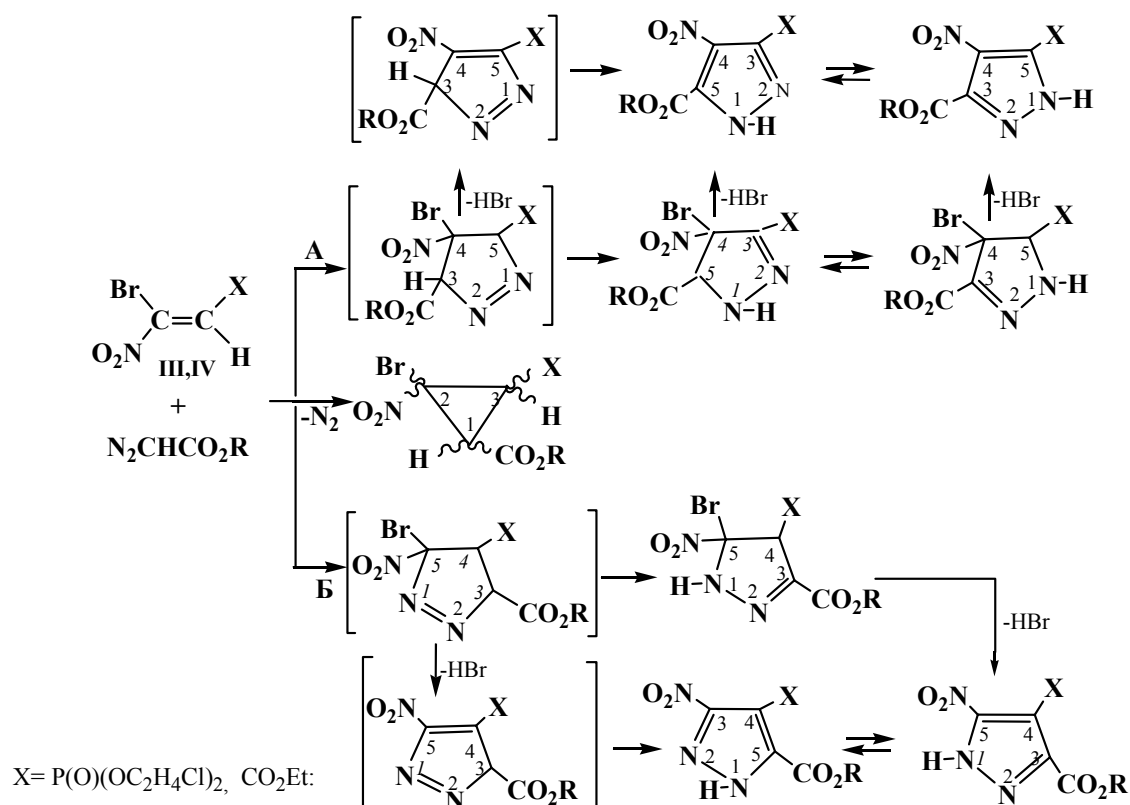
Аналогично в мягких условиях (эфир, 20 °С, 7 сут) диазоуксусный эфир реагировал с вицинально замещенными нитроалкенами — β -нитроэтенилфосфонатом и -карбоксилатом. Однако в этом случае процесс протекал довольно сложно. Первоначально образующиеся Δ^1 -пиразолины вследствие присутствия в молекуле трех электроноакцепторных заместителей [$\text{P}(\text{O})(\text{OR})_2$, CO_2R , NO_2] легко подвергались прототропной изомеризации в соответствующие Δ^2 -пиразолины, отличающиеся друг от друга

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

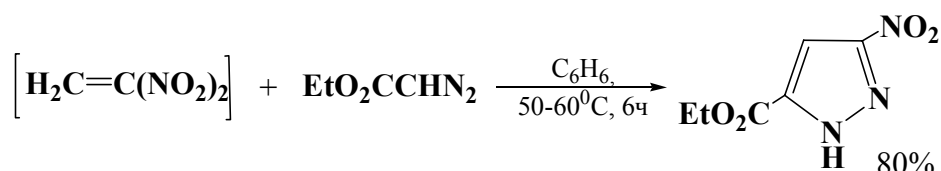
Однако реакция на этом не заканчивалась, а протекала более глубоко. Региоизомерные Δ^1 -, Δ^2 -пиразолины, отщепляя азотистую кислоту, превращались в соответствующие таутомерные Δ^1 -, Δ^2 -пиразолы. Наряду с пятичленными гетероциклами из реакционной смеси были выделены нитроциклопропаны [38–40].



Аналогично с диазоуксусным эфиром реагировали *гем*-бромнитро-этилфосфонат 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 динитроциклопропану 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 С–N связи в диазогруппе биполярного иона в случае диазоуксусного эфира за счет индуктивного эффекта алкоксикарбонильной группы и эффекта π - p -сопряжения.

Итак, анализ литературного материала, касающегося взаимодействия нитроалкенов 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 динитроциклопропаны выделены на примере взаимодействия моно- и динитроэтиленов 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, нитроциклопропанов 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-гидроксиминопирозол-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 chloride 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. Callagham P. D., Gibson M. S. Deydrogenation accompanying Certain Cycloadition 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. Budyņina 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 Γ - 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 изопропенилфосфоновой 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. С. 1536–1543.
36. *Пудовик А. Н., Гареев Р. Д., Стабровская Л. А.* Реакционная способность не-предельных 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-phenilpyrazole // *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-nitroethylphosphonates 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-nitroethylphosphonates 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 функциональнозамещенных 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.