

УДК 547.443

В.Д. ФИЛИМОНОВ

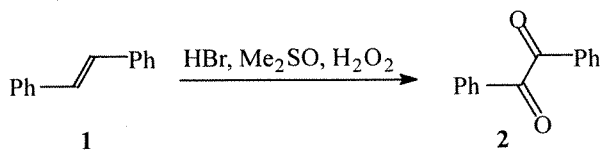
НОВЫЕ РЕАКЦИИ И РЕАГЕНТЫ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ КРАТНЫХ СВЯЗЕЙ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

В обзоре обобщаются результаты последних лет одного из направлений кафедры органической химии и технологии органического синтеза ТПУ в области функционализации непредельных органических соединений. Рассматриваются открытые реакции и реагенты окисления алкенов и алкинов до 1,2- и бис-1,2-дикарбонильных соединений, реакции йоднитрования алкинов действием йода и нитратов в уксусной кислоте, а также новая реакция окислительной димеризации терминальных ацетиленов в присутствии SO_3 до непредельных δ -сультонов.

Кафедра органической химии в Томском технологическом институте основана профессором Н.М. Кижнером (впоследствии почетным Академиком АН СССР) в 1900 г. и стала первым в азиатской части России научным и учебным центром в области органической химии. С момента основания кафедры ее основным научным направлением являлся тонкий органический синтез. Здесь были открыты реакции, ставшие классическими и вошедшие в учебники органической химии – реакции Кижнера (восстановление карбонильных соединений гидразином и синтез циклопропанов из пиразолиновых оснований), реакция Тронова-Новикова (йодирование ароматических соединений в присутствии серно-азотной смеси). Лауреат Государственной премии СССР профессор Л.П. Кулев положил начало плодотворным исследованиям кафедры в целенаправленном синтезе лекарственных препаратов.

В данном обзоре подводятся итоги работы коллектива последних десяти лет в одном из научных направлений, развивающем новые подходы к функционализации кратных связей и представляющим общий интерес для органической химии и органического синтеза.

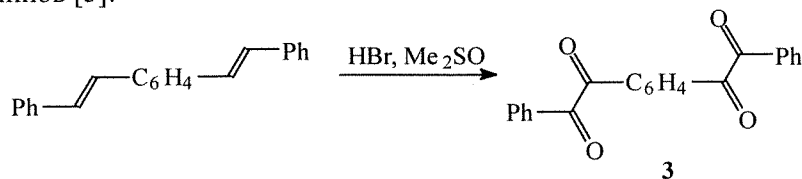
Вплоть до середины 80-х годов считалось, что реакции окисления олефинов до 1,2-дикарбонильных соединений не относятся к общим и надежным методам синтеза последних [1]. Однако в 1989 г. было обнаружено, что стилибен (1) гладко окисляется до бензила (2) при нагревании в диметилсульфоксиде (ДМСО), содержащем HBr и H_2O_2 [2]:



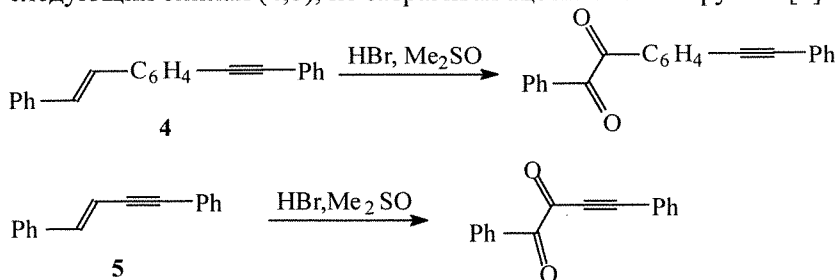
Открытая реакция явилась первым примером того, что ДМСО может выступать окислителем кратной связи. Позже было установлено, что перекись водорода несколько ускоряет реакцию, но не является собственно окислителем. В растворе водного HBr в ДМСО успешно окисляются стилибены как с донорными, так и акцепторными заместителями, образуя соответствующие бензила с выходами 56 – 86% [3]. Оказалось, что первым актом процесса является электрофильное присоединение брома *in situ* по двойной связи и собственно окислению подвергаются промежуточно образующиеся 1,2-дибром-1,2-диарилэтаны, тогда как ДМСО выполняет двойную роль – генерирует микроколичества брома из HBr (эту реакцию и ускоряет перекись водорода) и окисляет дибромиды по механизму, сходному с механизмом реакции Корнблума.

Поскольку первым актом реакции является электрофильное бромирование двойной связи, то окисление 4-нитrostильбена проходит за наиболее длительное время сравнительно со стилибеном, а 4,4¹-динитrostильбен не окисляется вовсе [3]. Вместо бромистоводородной кислоты в качестве генераторов брома могут быть с успехом использованы и другие соединения. Так, стилибен окисляет такие системы, генерирующие бром, как $\text{NaBr}/\text{H}_2\text{SO}_4/\text{ДМСО}$, $\text{NaBr}/\text{HCl}/\text{ДМСО}$ и

$\text{Bu}_4\text{NBr}/\text{HCl}/\text{DMCO}$ [4]. Пропускание воздуха через раствор HBr в DMCO в ряде случаев повышает эффективность окисления, как, например, в синтезе с высоким выходом 4,4'-бисфенилглиоксалилбензола (**3**), являющегося ценным мономером для получения термостойких полимеров ряда полифенилхиноксалинов [5]:

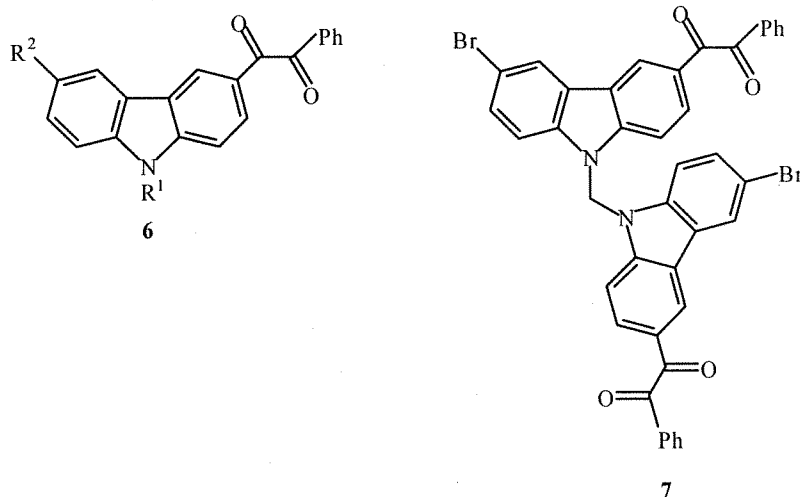


Тройные связи, как оказалось, практически инертны по отношению к действию HBr в DMCO , что впервые в практике органического синтеза позволило селективно окислить исключительно двойные связи в следующих енинах (**4,5**), не затрагивая ацетиленовые группы [6]:



Методами ВЭЖХ и хромато-масс-спектрометрии подробно изучено окисление стирола как представителя терминальных алкенов действием HBr/DMCO и Br_2/DMCO [7]. Оказалось, что и в этом случае главным процессом является окисление двойной связи с образованием фенилглиоксалилбензола PhCOCHO , но с существенно большим количеством побочных продуктов, прежде всего, бром- и дибромстиролов. В работе [7] предложена детальная схема образования целевого и побочных продуктов.

В случае окисления 3-стирил- и 3,6-дистирилкарбазолов системой HBr/DMCO помимо окисления двойных связей побочно происходит бромирование карбазолильного ядра и метиленирование свободных групп NH и образуются дикето- и бис-дикетоккарбазолы (**6, 7**) [8]:

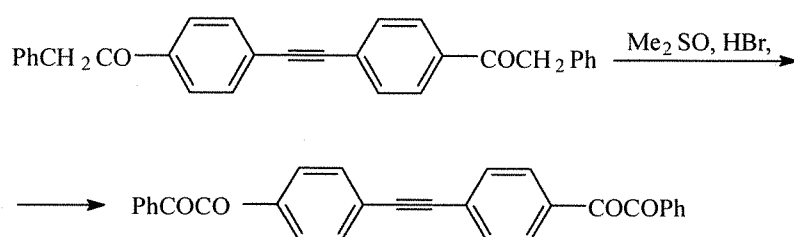
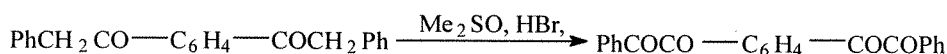


6 $\text{R}^1=\text{H, Me}$; $\text{R}^2=\text{H, Br}$

Эти побочные, полезные в данном случае процессы, протекают за счет взаимодействия карбазольного ядра с бромом и формальдегидом, выделяющихся при взаимодействии HBr с DMCO при 120°C [8]. В развитие этого процесса на основе реакции карбазола и 9-метилкарбазола с системой HBr с DMCO были разработаны удобные методы бромирования и метиленирования карбазольного ядра с образованием 3,6-дибромкарбазолов или (3,6-дибром-9-карбазолил)метана [8].

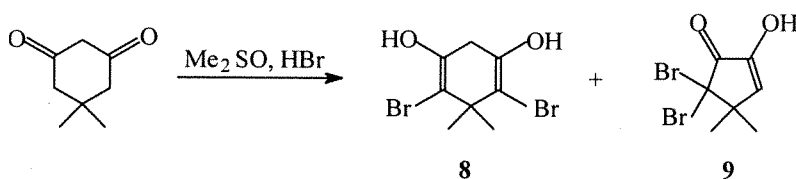
Было также впервые установлено, что в смеси серной и уксусной кислот в присутствии одного из следующих соединений: бром, йод, HBr, NaBr или сульфит натрия – стильбены легко окисляются до соответствующих бензильных [9, 10]. И в этом случае первый акт реакции состоит в электрофильном бромировании двойных связей стильбенов и собственно окислению подвергаются образующиеся вицинальные дибромиды [10]. Вероятно, на сегодняшний день эти системы на основе серной кислоты являются наиболее экономичными из известных реагентов окисления двойных связей.

Известно использование водного HBr в ДМСО для окисления ароматических кетонов до соответствующих арилглиоксалий [11]. Мы показали, что и бис-дезоксibenзоины могут быть легко окислены этим реагентом до соответствующих бис-дикарбонильных соединений [12, 13]:



Последняя реакция, которая служит одной из стадий синтеза ароматического *трис*-1,2-дикетона [13], демонстрирует высокую региоселективность HBr/ДМСО по отношению к метиленовым группам ацетиленового дикетона, т.к. тройная связь не затрагивается. Подобной селективности трудно или невозможно достичь с использованием, например, SeO₂ или других известных реагентов.

Определенные особенности были обнаружены при попытках окисления системой HBr/ДМСО циклического β-дикетона – димедона [14]. Как оказалось, кроме желаемого окисления метиленовой группы исходного субстрата имеет место бромирование дикетона (продукт **8**), а кроме того – сужение цикла с образованием ранее неизвестного трибромциклопентандиона (**9**):

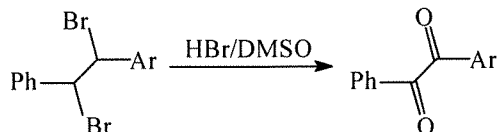


Результаты работы [11], наряду с приведенными выше данными по превращениям карбазольных соединений под действием HBr/ДМСО, дают основания к следующему обобщению. Если окисляемый субстрат (или продукт) активен к действию электрофильного брома, то с неизбежностью будут получаться продукты не только окисления, но и бромирования.

Как было сказано выше, окисление двойных связей с помощью HBr/ДМСО, Br₂(HBr, KBr)/H₂SO₄ протекает через промежуточную стадию электрофильного бромирования, а окислению подвергаются образующиеся вицинальные дибромиды. Этот механизм был доказан прямыми экспериментами, в ходе которых были, кроме того, разработаны и новые эффективные методы синтеза 1,2-дикарбонильных соединений. При этом следует отметить, что превращения вицинальных дигалогенидов (или галогенгидринов) в α-дикарбонильные соединения относятся к нетипичным процессам органического синтеза, хотя дибромирование алканов или бромирование алкенов с последующим превращением в α-дикетоны может служить привлекательным синтетическим путем опосредованного окисления углеводородов. В последние годы появился ряд реагентов, с помощью которых удается эффективно осуществлять эти трансформации.

Первым известным реагентом этого рода является TeO_2 , который окисляет некоторые 1-фенил-2-арил-1,2-дибромэтаны при кипячении в уксусной кислоте с выходами бензилов 19 – 82% [15]. Высокая токсичность диоксида теллура не делает его привлекательным для широкого использования в органическом синтезе; кроме того, при его использовании образуется немало побочных продуктов (диацетаты соответствующих 1,2-диолов и стильбены), которые в отдельных случаях преобладают.

Более удобным и доступным реагентом для осуществления подобного превращения оказался ДМСО [16]. Так установлено, что *мезо*- и *d,l*-1-фенил-2-арил-1,2-дибромэтаны при нагревании в системе водный HBr /ДМСО при 110°C в течение 4 – 8 ч легко дают бензил его производные с выходом 70 – 80% [16]:



$\text{Ar} = \text{Ph}, 4\text{-MeC}_6\text{H}_4, 4\text{-MeO}, 4\text{-ClC}_6\text{H}_4, 4\text{-NO}_2\text{C}_6\text{H}_4$

Данное превращение проходит и в отсутствие HBr , но за более длительное время [3].

Еще легче, чем 1,2-дифенил-1,2-дибромэтан, в водном HBr /ДМСО окисляется до дифенилэтандиона 1,2-дифенил-1-бром-2-гидроксиэтан и даже его метиловый эфир и формиат. Исключение из компонентов реакции HBr не меняет ее направления, но замедляет окисление [3].

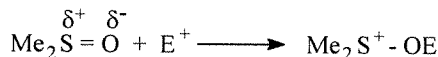
Наиболее же дешевый путь окисления 1,2-дифенил-1,2-дибромэтана до бензила (выход 80%) состоит в нагревании субстрата в уксусной кислоте в присутствии серной кислоты или с добавками таких веществ, как йод, йодид калия или сульфит натрия, которые существенно ускоряют окисление вицинальных дибромидов [9,10].

Оказалось, что водный HBr в ДМСО эффективно окисляет до соответствующих α -дикетонов не только вицинальные дибромиды и бромгидрины, но и вицинальные диолы, эпоксиды и бис-эпоксиды [17].

Предложенные окислительные системы HBr /ДМСО и серная кислота с добавками галогенидов обладают серьезными практическими преимуществами перед большинством других реагентов подобного типа действия [1]. Во-первых, они дешевы, доступны и экологичны; во-вторых, они не вызывают расщепления связей $\text{C}-\text{C}$ субстратов и продуктов. Кроме того, доказана возможность их успешного использования в опытно-промышленном масштабе, как, например, в синтезе бис- α -дикетона **3** [5]. В связи с этим одной из насущных задач является понимание детального механизма действия данных реагентов. Однако следует признать, что изучения механизмов описанных реакций серьезно отстают от их препаративных, синтетических исследований. Пока установлены достаточно твердо лишь следующие факты: а) ДМСО выполняет двойную функцию – генерирует малые количества брома из HBr и служит окислителем промежуточных продуктов, получающихся из субстратов; б) первой, быстрой стадией реакции окисления алкенов является электрофильное бромирование (или сопряженное бромирование с участием воды или ДМСО) двойных связей; в) в лимитирующих же стадиях происходит истинное окисление образующихся продуктов присоединения; г) окисление вицинальных бромидов действием ДМСО происходит по иному механизму, чем в классической реакции окисления бензилгалогенидов по Корнблему (см. обзор [1]). По-видимому, к первоочередным вопросам, которые должны быть выяснены, относятся следующие. Прежде всего необходимо экспериментально зафиксировать строение продуктов сопряженного бромирования алкенов в присутствии водного ДМСО. Далее кинетическими, спектральными, изотопными и препаративными методами определить механизмы окисления вицинальных производных алканов [дигалогенидов, галоидгидринов, галоидсульфоксониевых солей $\text{RCHBr}-\text{CH}(\text{OS}^+\text{Me}_2)\text{R}$], оценить влияние строения субстратов на реакционную способность.

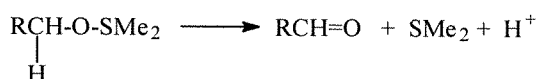
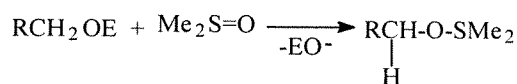
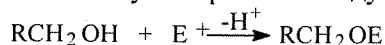
В этой связи важно отметить, что далеко не окончательно выяснены механизмы окислительного действия ДМСО даже на субстраты более простого строения. В частности, ДМСО в присутствии ряда электрофилов E^+ легко окисляет спирты до карбонильных соединений. При этом по-

стируется, что данные добавки активируют ДМСО, усиливая электрофильную активность атома серы по отношению к спиртам (см. обзоры [18, 19]):



E^+ = электрофил

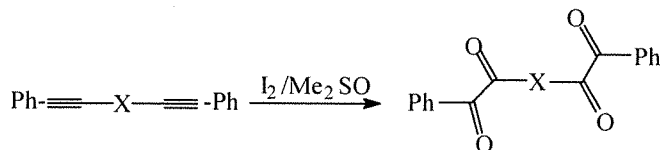
С другой стороны, удивительно мало внимания было уделено возможности альтернативного пути ускорения реакции окисления спиртов ДМСО действием электрофилов – активации спиртов с последующим участием ДМСО как нуклеофила по следующей схеме:



EO^- = «хорошая» уходящая группа

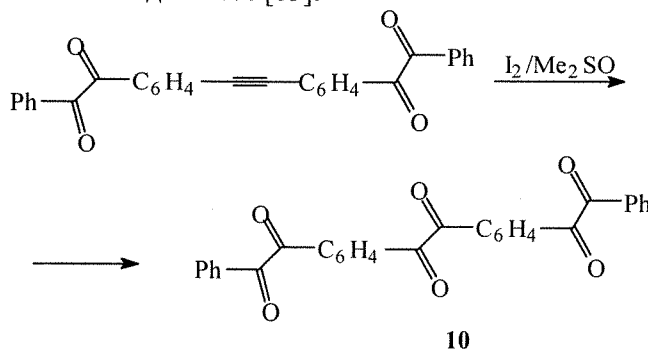
В работе [20] впервые сделана попытка определения вкладов двух альтернативных путей активации на примере окисления бензгидрола Ph_2CHOH с помощью ДМСО. При этом показано, что в случае использования в качестве электрофила трифторуксусного ангидрида вклад направления, связанного с активацией спирта, становится ощутимым, хотя и не преобладающим.

В 1991 г. было показано, что раствор йода в ДМСО при 110 – 155°C окисляет как алкены, так и интернальные алкины до соответствующих α -дикетонов с высокими выходами [6,21 – 23]. В этих условиях окисляются и бис-фенилэтиниларилены, давая бис-1,2-дикетоны с выходами 70 – 90%:



$\text{Ar} = 4,4^1\text{-C}_6\text{H}_4, 4,4^1\text{-C}_6\text{H}_4\text{C}_6\text{H}_4, 4,4^1\text{-C}_6\text{H}_4\text{OC}_6\text{H}_4, 3,8\text{-дифениленоксид}, 4,4^1\text{-C}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_4, 4,4^1\text{-C}_6\text{H}_4\text{COC}_6\text{H}_4, 2,7\text{-флуоренил}, 2,7\text{-флуоренонил}$

Реакционная способность $\text{I}_2/\text{ДМСО}$ по отношению к тройным связям намного выше, чем связям двойным. На этой основе впервые удалось селективно окислить исключительно тройную связь в соединении **4** с образованием Е-стирилбензила [6]. Ацетиленсодержащий бис-дикетон легко превращается под действием системы $\text{I}_2/\text{ДМСО}$ в гексакетон **10** как ценный мономер и полупродукт органического синтеза с выходом 90% [13]:



Таким образом, использование комбинации двух окислителей – $\text{NBr}/\text{ДМСО}$ и $\text{I}_2/\text{ДМСО}$ впервые в органическом синтезе открывает возможность селективного окисления либо тройных, либо двойных связей в алкенилацетиленях.

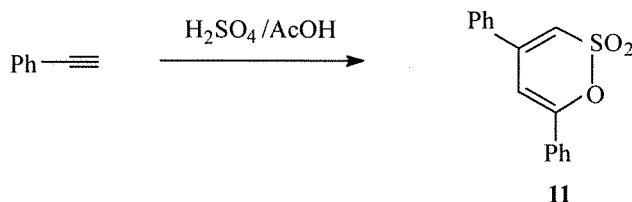
Активность йода в ДМСО резко падает при окислении стерически затрудненного ацетиленового субстрата – 2,4,6-триметилтолана, хотя направление окисления не изменяется [22, 23]. Недавно обнаружен новый окислительный процесс [24]. Оказалось, что при длительном нагревании стерически затрудненного бис-фенилэтинилдуrolа с йодом в ДМСО главными продуктами являются не ожидаемый бис-дикетон, а дурохинон, 2,3,5,6-тетраметил-4-гидроксибензил и бензойная кислота. Этот случай представляет собой редкий пример, когда йод в ДМСО вызывает разрыв углерод-углеродных связей. Механизм этого необычного процесса пока совершенно неясен. Система I_2 /ДМСО оказалась неэффективной и в окислении терминального алкина, фенилацетилена. В этом случае при неполной конверсии субстрата образуется сложная смесь продуктов с содержанием фенилглиоксаля не более 20% [10].

Показано, [6,22,23,25] что интернальные ацетилены (толаны и бис-фенилэтинилбензолы) легко окисляются до бензилов и бис-1,2-дикетонов при нагревании в ДМСО в присутствии каталитических количеств $PdCl_2$. Реагент оказался еще более селективным, чем I_2 /ДМСО, по отношению к тройным связям (полностью инертен к олефинам). Это позволяет эффективно его использовать в окислении ацетиленовых соединений, содержащих двойные связи [6]. В то же время $PdCl_2$ /ДМСО более чувствителен, чем йод в ДМСО, к стерическим факторам в структуре субстратов [22,23].

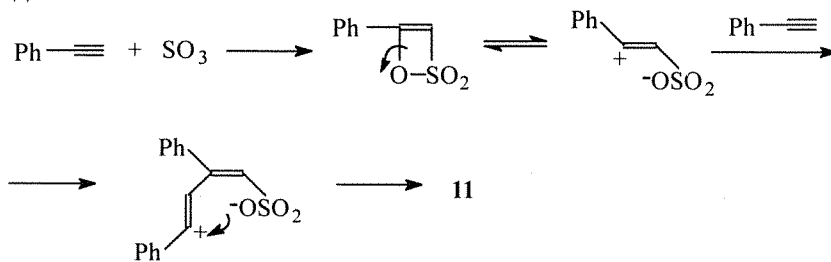
Оказалось также, что ДМСО легко окисляет толаны и бис-фенилэтинилбензолы в присутствии гетерогенного катализатора Pd на угле с добавками солей меди [26, 27]. Этот вариант синтеза бензилов и бис-1,2-дикетонов весьма перспективен для промышленного освоения.

В настоящее время проводятся исследования по окислению полициклических углеводородов (фенантрен, антрацен) и аценафтена с помощью реагентов на основе ДМСО. Впервые показано, что HBr в ДМСО способен окислять эти субстраты до соответствующих хинонов (фенантренхинон, антрахинон, аценафтенхинон), представляющих собой ценные полупродукты промышленности красителей [28].

При попытках использовать новые системы на основе серной кислоты для окисления ацетиленовых соединений неожиданно была открыта новая реакция – образование ранее неизвестного сультона [29,30]. Хорошо известно, что сильные протонные кислоты и, в частности, серная кислота вызывают гидратацию алкинов с образованием кетонов. Однако при нагревании фенилацетилена в смеси серной и уксусной кислот, наряду с ожидаемым ацетофеноном (продукт гидратации) был выделен 4,6-дифенил-1,2-оксатиин-2,2-диоксид (**11**) с выходом до 21% [29]. Соединение **11** является первым представителем ранее неизвестного типа δ -сультонов:



Было предположено, что истинным реагентом в этой реакции выступает серный ангидрид, который реагирует с фенилацетиленом по следующей схеме, первой стадией которой служит реакция циклоприсоединения:

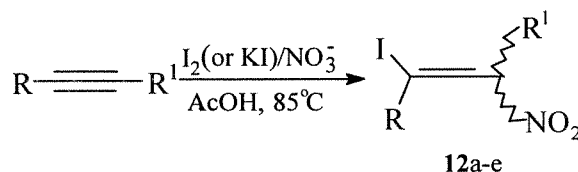


Данная схема получила экспериментальное подтверждение на основании того, что, как оказалось, фенилацетилен легко и в мягких условиях образует сультон **11** в реакции с комплексом SO_3 -

диоксан [30]. В этом случае соединение **11** является уже основным продуктом, ацетофенон образуется лишь в следовых количествах. Сульфон **11** представляет значительный интерес как биологически активное соединение и полупродукт органического синтеза.

При действии комплекса SO_3 -диоксан на интернальные ацетилены оказалось, что происходит не образование сультонов, но окисление тройных связей с получением 1,2-дикетонатов с высокими выходами [31,32]. Ранее не было известно, что SO_3 способен окислять тройные связи.

Другое, новое и полезное в синтетическом отношении превращение ацетиленовых соединений было открыто при изучении их взаимодействия с системой, состоящей из йода (или KI) и нитратов щелочных металлов. Оказалось, что легко и в мягких условиях происходит йоднитрование тройных связей и получают соответствующие α -йод- β -нитроолефины (**12**) с высокими, как правило, выходами [33]:



R=Ph, R¹=H(a); R=Ph, R¹=Me(б); R=R¹=Ph(в); R=R¹=Pr(г); R=Ph, R¹=CH₂OH(д); R=Ph, R¹=CH₂OAc (e)

Соединения **12** являются потенциально ценными биологически активными соединениями, а также способны к многообразным химическим превращениям, благодаря чему представляют высокую ценность для органического синтеза. Ранее был известен только один реагент, способный осуществлять йоднитрование ацетиленов – $\text{I}_2/\text{N}_2\text{O}_5$ в осушенном эфире; ясно, что предлагаемый нами реагент более безопасен и доступен и впервые открывает широкие возможности получения и использования йоднитроалкенов в органическом синтезе.

Механизм этой реакции весьма сложен и требует специального изучения. Пока экспериментально установлено, что на ход реакции сильное влияние оказывает наличие кислорода и в результате окислительно-восстановительных процессов в системе образуется NO_2 , который с йодом может образовывать нитрилоид INO_2 . Последний же, как известно, может распадаться по гомолитическому или гетеролитическому направлениям.

В случае алкинов преобладает гомолитический путь распада нитрилоида. Но если системой $\text{I}_2/\text{NO}_3^-/\text{AcOH}$ действовать на некоторые ароматические углеводороды, то происходит электрофильное йодирование [34], т.е. проявляется гетеролитический путь распада нитрилоида. На этой основе был разработан удобный метод йодирования активированных аренов [34].

Работы выполнялись при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 96-03-33054а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филимонов В. Д., Юсубов М. С., Ки-Ван Чи // Успехи химии. - 1998. - Т.67. - С.803.
2. Юсубов М. С., Филимонов В. Д. // Журн. орг. химии. - 1989. - Т.25. - С.218.
3. Юсубов М. С., Филимонов В. Д., Огородников В. Д. // Изв. АН СССР, сер. хим. - 1991. - С.868.
4. Юсубов М. С. / Дис. докт. хим. наук. - Новосибирск, 1999.
5. Пат. 1824390 СССР; Бюл. изобрет. 24, 55 (1993); Chem. Abstr., 124, 260580 (1996).
6. Yusubov M.S., Filimonov V.D., Vasilyeva V.P., Ki-Wan Chi // Synthesis. - 1995. - P.1234.
7. Краснокутская Е. А., Хабишер В., Юсубов М. С., Филимонов В. Д. // Журн. орг. химии. - 1997. - Т.33. - С.179.
8. Юсубов М. С., Краснокутская Е. А., Филимонов В. Д., Ковалева Л. Ф. // Химия гетероцикл. соединений. - 1992. - С.1477.
9. Юсубов М. С., Краснокутская Е. А., Филимонов В. Д. // Журн. орг. химии. - 1992. - Т.28. С.869.
10. Краснокутская Е. А., Юсубов М. С., Филимонов В. Д., Хабишер В. // Журн. орг. химии. - 1996. - Т.32. - С.1041.
11. Floyd M.V., Du M.T., Fabio P.F., Jacob L.A., Johnson V.D. // J. Org. Chem. - 1985. - V.50. - P.5022.
12. Филимонов В. Д., Юсубов М. С., Огородников В. Д. // Журн. орг. химии. - 1989. - Т.25. - С.838.

13. Юсубов М.С., Филимонов В.Д., Хлебникова И.В. и др. // Журн. орг. химии. - 1993. - Т.29. - С.1843.
14. Юсубов М.С., Жолобова Г.А., Хабишер В., Филимонов В.Д. // Журн. орг. химии. - 1997. - Т.33. - С.184.
15. Suzuki H., Ninomiya K., Inouye M. // Chem. Lett. - 1985. - P.821.
16. Юсубов М.С., Филимонов В.Д. // Журн. орг. химии. - 1989. - Т.25. - С.1561.
17. Юсубов М.С., Филимонов В.Д., Огородников В.Д. // Журн. орг. химии. - 1998. - Т.34. - С.94.
18. Tidwell T.T. // Synthesis. - 1990. - P.857.
19. Lee T.L. // Comprehensive Org. Synth / Ed. by V.Trost. - Pergamon Press, 1991. - V.7. - P.291-303.
20. Филимонов В.Д., Краснокутская Е.А., Юсубов М.С., Кузнецова Ю.А. // Журн. орг. химии. - 1998. - Т.34. - С.43.
21. Yusubov M.S., Filimonov V.D. // Synthesis. - 1991. - P.131.
22. Yusubov M.S., Krasnokutskaya E.A., Vasilyeva V.P. et al. // Bull. Korean. Chem. Soc. - 1995. - V.16. - P.86.
23. Юсубов М.С., Ки Ван Чи, Краснокутская Е.А. et al. // Журн. орг. химии. - 1995. - Т.31. - С.1675.
24. Юсубов М.С., Жолобова Г.А., Васильева В.П. и др. // Журн. орг. химии. - 1996. - Т.32. - С.1276.
25. Ki-Whan Chi, Yusubov M.S., Filimonov V.D. // Synth. Commun. - 1994. - V.24. - P.2119.
26. Пат. 93-12904, 1993, Южная Корея.
27. Пат. № 2058293, 1995, Россия.
28. Krasnokutskaya E.A., Kuznesova J.A. // Abstracts of the Second Russian-Korean International Symposium of Science and Technology KORUS'98. - Tomsk, 1998. - P.126.
29. Юсубов М.С., Филимонов В.Д., Рогачев В.О. // Журн. орг. химии. - 1996. - Т.32. - С.1272.
30. Рогачев В.О., Юсубов М.С., Филимонов В.Д. // Журн. орг. химии. - 1999. - Т.35. - С.439.
31. Rogachev V.O., Yusubov M.S., Filimonov V.D. // Synthesis. (in press).
32. Rogachev V.O., Yusubov M.S., Filimonov V.D. // Abstracts of the Second Russian-Korean International Symposium of Science and Technology KORUS'98. - Tomsk, 1998. - P.142.
33. Yusubov M.S., Perederina I.A., Filimonov V.D. et al. // Synth. Commun. - 1998. - V.28. - P.833.
34. Yusubov M.S., Filimonov V.D., H.-W. Jin, K.-W. Chi. // Bull. Korean. Chem. Soc. - 1998. - V.19. - P.400.