

Б. О. МИНБАЕВ

РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ ШИФФОВЫХ ОСНОВАНИЙ

Рассмотрены реакции окисления шиффовых оснований. Показано, что результаты реакций окисления шиффовых оснований определяются как строением окисляемого субстрата, так и природой окисляющего агента и условиями проведения реакции.

Органические соединения с двойной связью углерод-азот, часто встречающиеся в научно-технической и патентной литературе под названиями «Основания Шиффа», «Альдимины», «Кетимины», «Азометины», «Имины» и «Анилы», в последние годы стали объектом многочисленных исследований. Всевозрастающий интерес исследователей к ним и их производным обусловлен благодаря работанности простых и доступных методов их синтеза, вариабильности, т.е. возможности легкого варьирования строением карбонильного и аминного компонентов, биологической активности ряда представителей этого класса органических соединений и широкому применению их в тонком органическом синтезе, аналитической, элементо-органической и координационной химии, медицине, сельском хозяйстве и т.д.

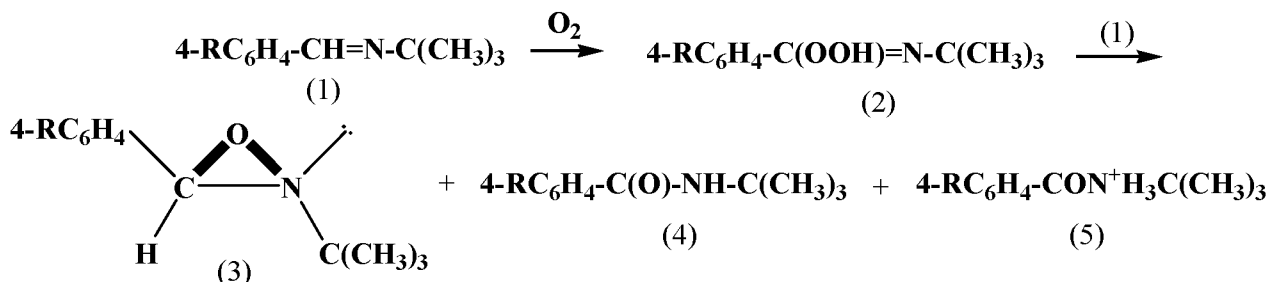
Все реакции, в которые вступают органические соединения с двойной связью углерод азот общей формулы $RR^1C=N-R^2$ можно условно разделить на три группы: 1) реакции, затрагивающие заме-

стителю у углеродного атома азометиновой связи; 2) реакции, затрагивающие заместители у атома азота азометиновой связи и 3) реакции по азометиновой связи.

В настоящей обзорной статье рассмотрим, известные в литературе, реакции окисления шиффовых оснований.

В работе [1] сообщается, что при перемешивании иминов

$4\text{-RC}_6\text{H}_4\text{-CH=N-C(CH}_3)_3$, где R = CF₃ (a), F(b), H (c) при комнатной температуре в присутствии перекиси бензоила в дихлорметиле течение 2 дней протекает реакция спонтанного автоокисления с образованием оксазиридинов (3) и изомерных амидов (4) и аммониевой соли (5):

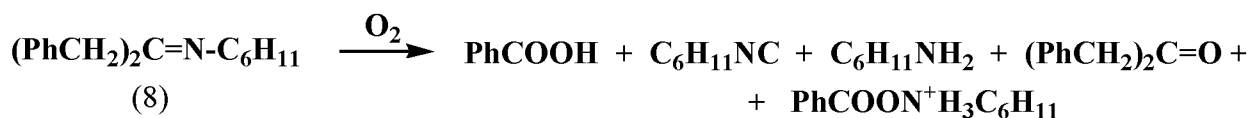


Если относительные содержания (3) и (4) оставались равными во всех экспериментах, то содержание солей (5) в реакционной смеси были разными. Эти наблюдения указывают на протекание реакции в соответствии с механизмом спонтанного свободнорадикального автоокисления. Начальная стадия автоокисления включает образование неустойчивых и высоко-реакционноспособных нейтральных пероксиминокислот (2), которые реагируют с имином (1) с образованием (3) и (4) в равных соотношениях.

Как простое расширение данного изучения оксазиридин (3с) в рацемической форме с 68%-ным выходом был также синтезирован окислением имиона (1с) пероксиминокислотой C₆H₁₁NH-C(OOH)=N-C₆H₁₁ (6), генерированной обработкой дициклогексилкарбодиимида перекисью водорода [2] или в оптически активной форме с 51%-ным выходом с использованием пероксиминокислоты (S)-PhCH(Me)NH-C(OOH)=N-CH(Me)Ph-(S), полученной реакцией (S,S)-N,N'-бис(α-фенилэтил)карбодиимида с перекисью водорода [3].

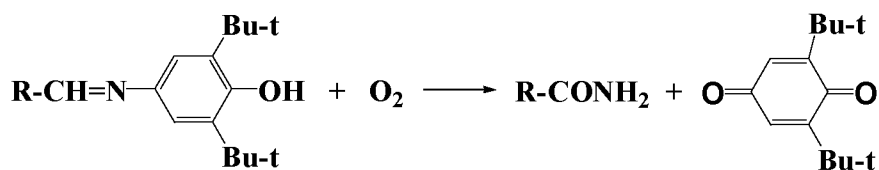
Авторы работы [1] отмечают, что дальнейшие их исследования с пероксиминокислотой (6) также указывают на то, что этот реагент, несмотря на её нейтральность, ведет себя по отношению к имином в манере, весьма похожей на *мета*-хлорнадбензойную кислоту. Поэтому реакции окисления иминов 4-NO₂C₆H₄-CH=N-R, где R = Me, Et, iso-Pr, t-Bu (7) пероксиминокислотой (6) дают выходы и содержание *цис*- и *транс*-изомеров оксазиридинов, весьма похожие на найденные при окислении указанных иминов *мета*-хлорнадбензойной кислотой [4].

Автоокисление кетиминов изучено в работе [5]. Авторами показано, что при пропускании воздуха или кислорода через очищенную жидкость в течение 48 часов N-циклогексylimин дибензилкетона (8) подвергается автоокислению с образованием циклогексиламмоний бензоата, бензойной кислоты, циклогексизоцианида, циклогексиламина и дибензилкетона:

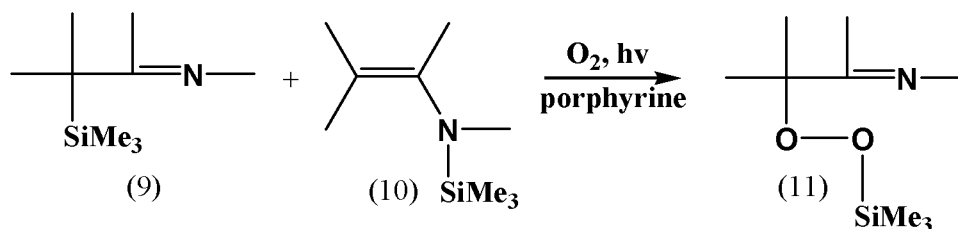


Чистый N-циклогексylimин диэтилкетона, как указывают авторы работы [5], оказался неакционноспособным в потоке кислорода в течение 100 ч.

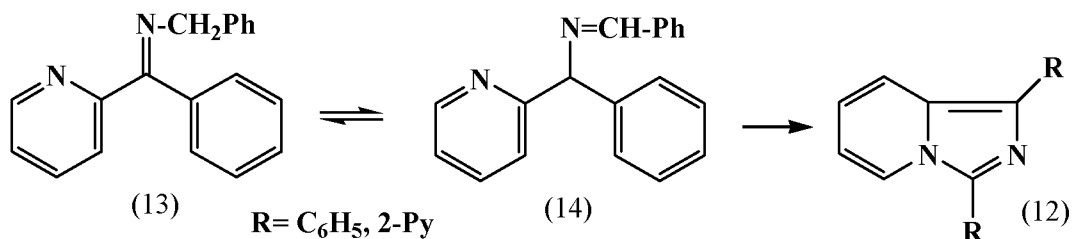
Авторами работы [6] изучено основно-катализируемое окисление 4-N-арилметиленамино)2,6-ди-трет-бутилфенолов. Интересно, что при пропускании кислорода через раствор оснований Шиффа, полученных конденсацией арилметиламинов с 2,6-ди-трет-бутилпара-бензохиноном, в присутствии трет-бутилата калия в трет-бутаноле или спиртовом растворе едкого кали образуются соответствующие амиды и бензохинон с выходами 15-79%:



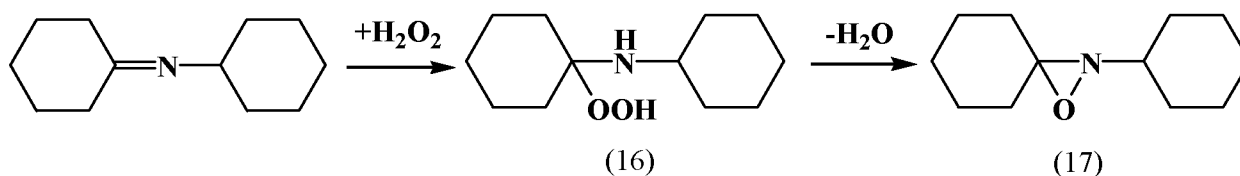
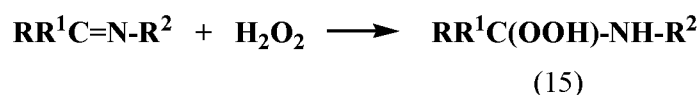
Фотохимическое введение молекулярного кислорода в связи кремний–углерод и кремний–азот в силилиминах (9) и енаминах (10), катализируемое некоторыми порфиринами, приводит к силилпероксиминам (11) с выходами 74-80% [7]:



В работе [8] сообщается о возможности синтеза 1,3-дизамещенных имидазо[1,5-а]пиридинов (12) с использованием N-бензилиминов гетеро-ароматических кетонов (13), склонных к перегруппировке в соответствующие изомерные имины (14), которые подвергаются циклизации в результате окисления воздухом.

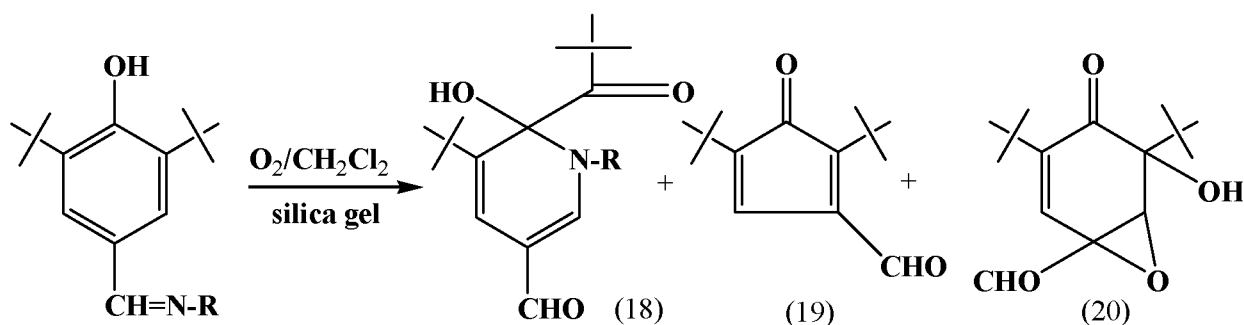


Авторами работы [9] осуществлен синтез α-гидроксипероксиаминов (15) с выходами 48-93% присоединением перекиси водорода к основаниям Шиффа:



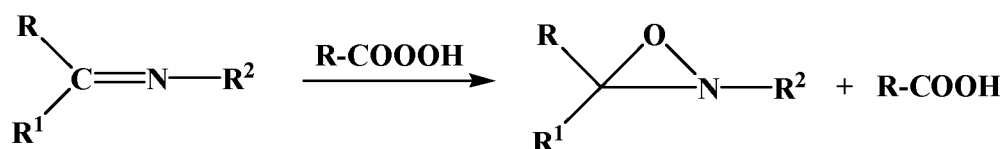
α-гидроксипероксиамин (16), отщепляя молекулу воды, превращается в оксазиридин (17) с 59%-ным выходом. Использование перекиси водорода в качестве окисляющего агента для окисления шиффовых оснований альдегидов сообщается также в работе [10].

Основания Шиффа 3,5-ди-*tert*-бутил-4-гидроксибензальдегида в присутствии пяти координированного комплекса кобальта (CoSalpr), как показано в работе [11], оксигенируются с образованием N-алкил-3-*tert*-бутил-5-формил-2-гидрокси-2-пивалоил-1,2-дигидропиридинов (18) с выходами 65-81%. В качестве побочных продуктов образуются производные 3-формилциклопентадиенена (19) и 4-формил-4,5-эпокси-2-циклогексенена (20):

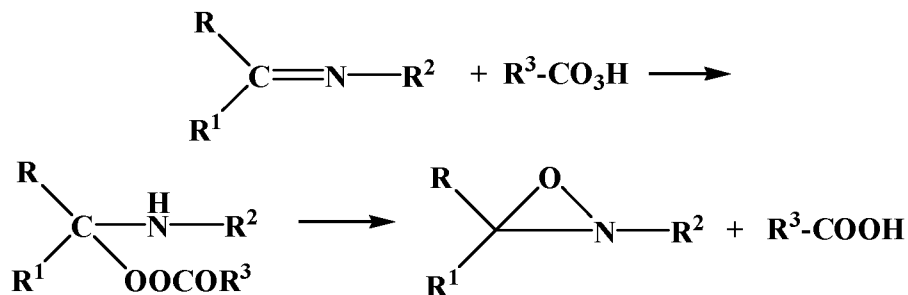


Общеизвестно, что основания Шиффа окисляются надкислотами, образуя нитроны за счет электрофильного взаимодействия реагента по неподеленной паре атома азота либо чаще всего оксазиридины, путем ортогональной атаки надкислоты по атому углерода азометиновой связи.

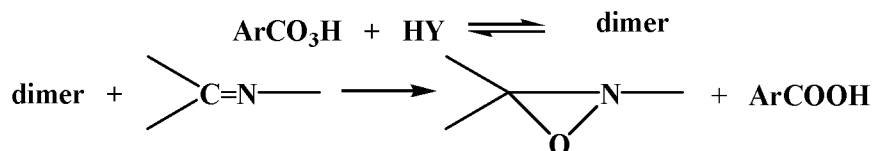
Окислением соответствующих иминов надуксусной кислотой Эммонсом [12] были синтезированы первые представители ранее неизвестных гетероциклов – оксазиранов с трехчленным углерод-азот-кислород циклом. В 1957 году на реакцию иминов с надкислотами был получен патент [13]. Эммонс считал, что реакция образования оксазиранов протекает по следующему одностадийному механизму (тип эпоксидирования):



а авторы работы [14] отдавали предпочтение двухстадийному механизму (тип реакции Байера-Виллигера) протекания реакции в соответствии со схемой:

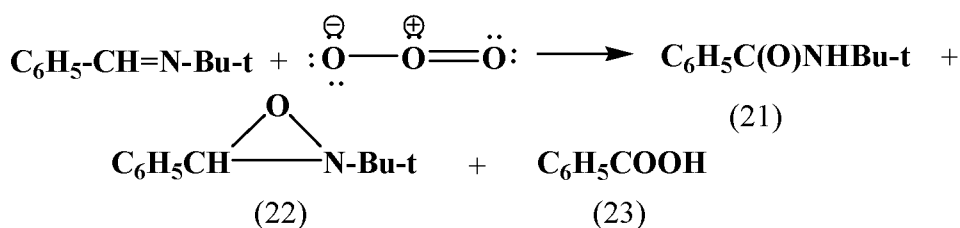


Позднее Маданом и Клаппом [15] было изучено механизм окисления двух серий оснований Шиффа: пара-замещенных N-бензаль-*трет*-бу-тиламинов и N-*пара*-нитро-бензальзамещенных бензиламинов до оксазиранов замещенными надбензойными кислотами в различных растворителях. Слабый кинетический изотопный эффект растворителя, активационные параметры вместе со значениями констант Гаммета допускают концертный механизм, описывающий нуклеофильное смещение азометиновой связи основания Шиффа на пероксидный атом кислорода. Этими же авторами работы [16] на примере окисления N-*пара*-нитробензаль-*трет*-бутил-амина *мета*-хлорнадбензойной кислотой в апротонных растворителях получены кинетические закономерности, допускающие нуклеофильную атаку основанием Шиффа на димер пероксикислоты (для последнего предлагается пятичленное кольцо в переходном состоянии), что позволило предложить следующий механизм окисления оснований Шиффа надбензойными кислотами в *трет*-бутиловом спирте, где НУ означает растворитель, бензойную кислоту или другую молекулу пероксикислоты [16]:

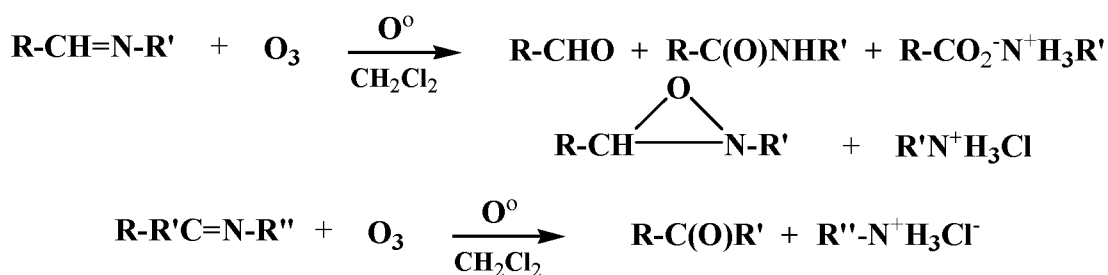


В работе [17], посвященной кинетическому изучению реакции бензилиден-*трет*-бутиламина с надбензойной кислотой для определения механизма реакции, отмечается, что образование оксазиранов отличается от реакции окисления аминов и олефинов, которые имеют одностадийный механизм. Авторы работы приходят к заключению, что образование оксазиранов протекают по двухстадийному механизму, подобному реакции Байер-Виллигера, в котором присоединение к азотметинового связи является скоростью определяющим при большинстве условий.

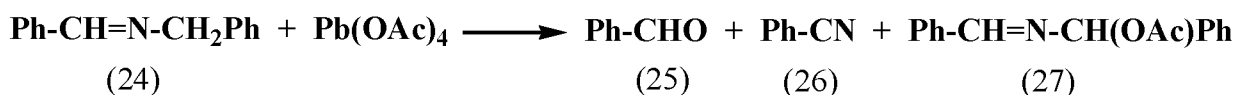
Байлей [18] описывает озонирование оснований Шиффа как нуклеофильную атаку озона по двойной связи углерод-азот. Озонолиз бензилиден-денанилина с использованием любой из смесей озон-азот или озон-кислород приводит к бензальдегиду или бензойной кислоте с 40-60%-ными выходами. Риебелем с сотр. [19] были предложены четыре принципиальных путей механизма реакции, в которых первоначальная атака озона может осуществляться: 1) присоединение к двойной связи с образованием четырех- или пятичленного кольца; 2) электрофильная атака по атому азота двойной связи с последующей потерей атома кислорода; 3) электрофильная атака по самой двойной связи с последующей потерей кислорода и 4) нуклеофильная атака по углеродному атому двойной связи с последующей потерей кислорода. Озонирование *N*-бензилиден-*трет*-бутиламина в этил-ацетате с последующей обработкой реакционной смеси раствором едкого натра, как указывают авторы работы, приводит к трем основным продуктам: амиду (21), оксазирану (22) и кислоте (23)



Авторами работы [20] при изучении механизма реакции озонирования найдено, что варьирование заместителем у атома азота шиффовых оснований $\text{R-C}_6\text{H}_4\text{-CH=N-R'}$ имеет гораздо больший эффект на относительные скорости реакции чем варьирование заместителем в ароматическом ядре. Предложен обобщенный механизм реакции, включающий начальную электрофильную атаку озона на углеродный атом двойной связи углерод-азот. Приведенные ниже уравнения указывают на общую стехиометрию и показывают основные продукты озонирования оснований Шиффа альдегидов и кетонов в дихлорметиле при температуре 0°C [20]:

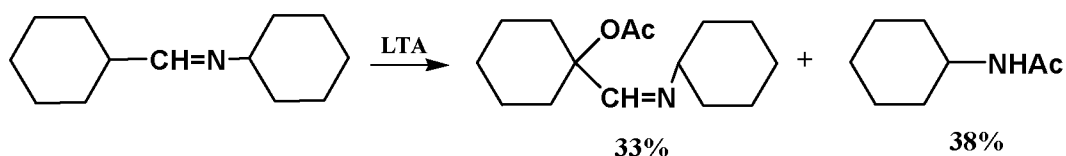
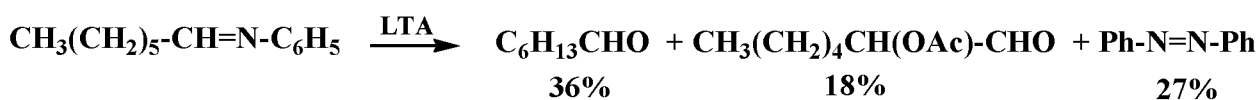
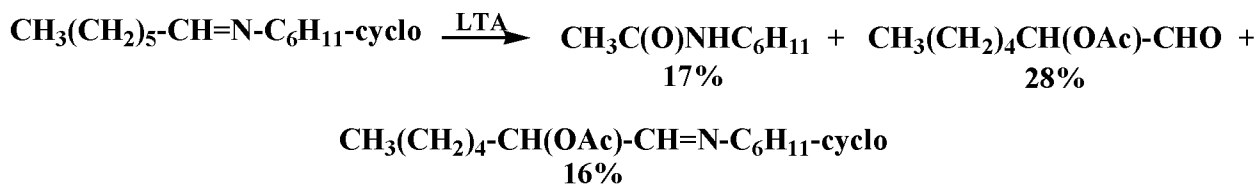


В работе [21] сообщается об окислении тетраацетатом свинца *N*-бензилиденбензиламина (24), полученного в свою очередь окислением дибензиламина также тетраацетатом свинца. При взаимодействии эквимольных количеств основания Шиффа (24) и тетраацетата свинца, как показали поставленные специальные эксперименты, были получены альдегид (25), нитрил (26), имин (27), небольшое количество бензойной кислоты и непрореагировавшее исходное основание Шиффа (13%), при этом в продуктах реакции не был обнаружен бензиламин.



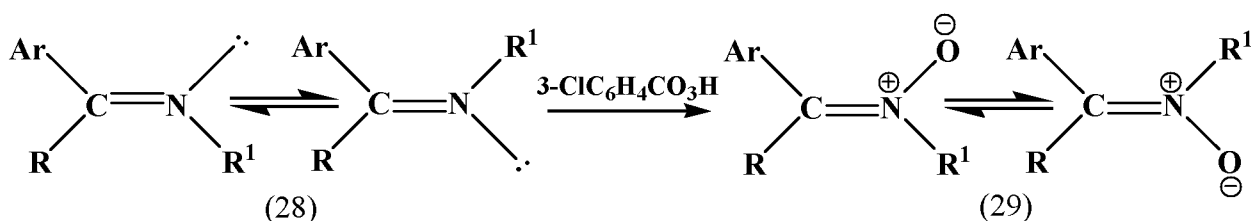
Ароматические анилы общей формулы $R-C_6H_4CH=N-C_6H_5$ и $Ph-CH=N-C_6H_4R$, где $R=H, Me, OMe, Ph$, как показывают данные работы [22], окисляются тетраацетатом свинца в мягких условиях с образованием соответствующих альдегидов, аминов и азо-производных. В некоторых случаях также образуются продукты ацетилирования ароматического ядра и *N*-ацетилпроизводные аминов.

Окисление шиффовых оснований, склонных к иминенаминной таутомерии, тетраацетатом свинца изучено в работе [23]. Было показано, что альдимины, содержащие атомы водорода при α -углеродных атомах карбонильной компоненты и существующие в иминенаминном таутомерном равновесии, окисляясь тетраацетатом свинца дают смесь продуктов:

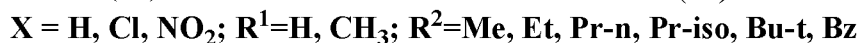
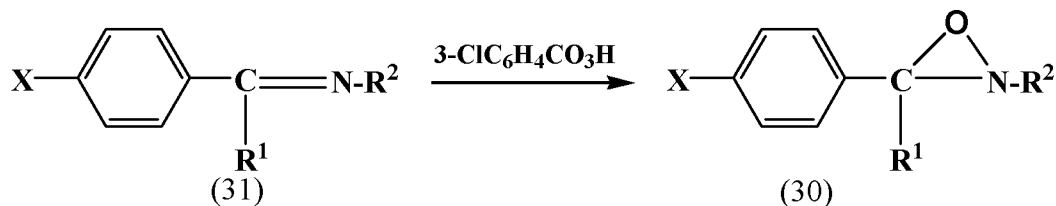


В обзоре [24] и работах [25,26] подробно рассматриваются реакции тетраацетата свинца с замещенными азометинами общей формулы $RR^1C=N-R^2$.

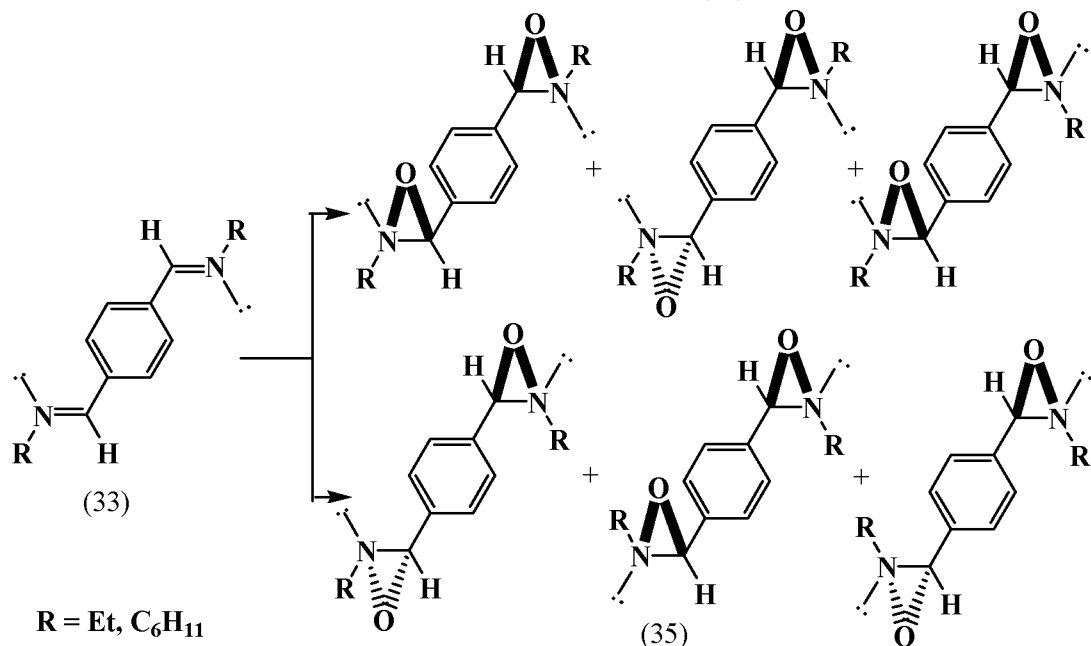
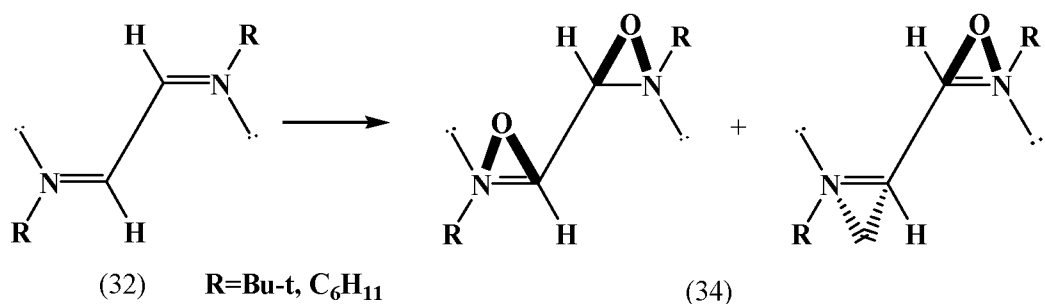
В качестве окисляющего агента исследователями весьма успешно использовались и галоидсодержащие надкислоты. Авторами работы [27] окислением иминов (28), полученных конденсацией метилзамещенных бензальдегидов и 4-нитроацетофенона с соответствующими аминами, *мета*-хлорнадбензойной кислотой в дихлорметане при комнатной температуре были синтезированы изомерная смесь *E*- и *Z*-изомеров нитронов (29) и обсуждены механизм реакции окисления:



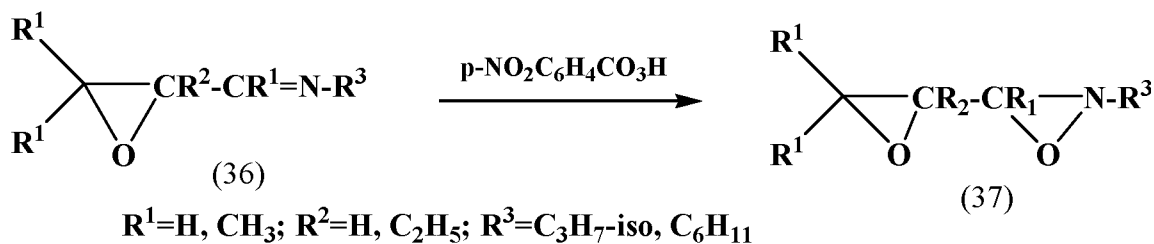
В работах [28,29] сообщаются о синтезе оксазиридинов (30) окислением оснований Шиффа (31) *мета*-хлорнадбензойной кислотой:



Окислением *бис*-*N*-алкилиминов глиоксаля (32) и терефталальдегида (33) *мета*-хлорнадбензойной кислотой авторами работы [30] синтезированы стереоизомерные смеси *бис*-оксазиридинов (34,35):



Авторами работы [31] окислением α,β -эпоксизометинов (36) *para*-нитронадбензойной кислотой в хлористом метиле осуществлен элегантный синтез оксазиридиноксиранов (37):

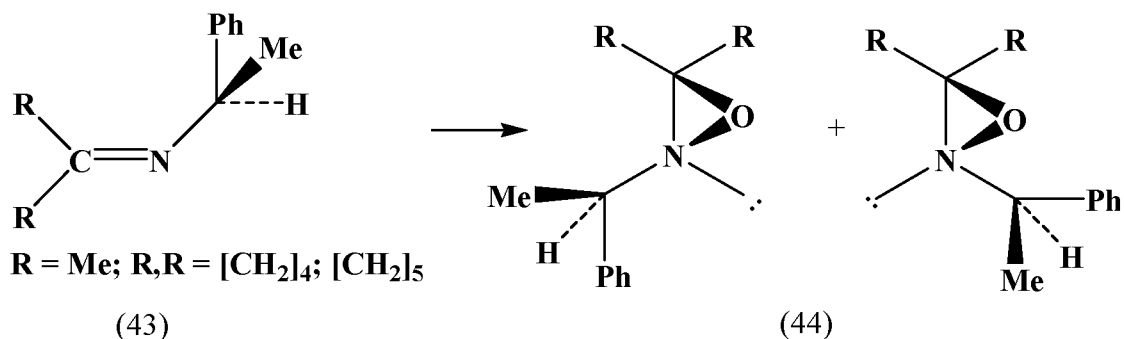


В работе [32] изучено асимметрическое окисление прохиральных сульфолиминов и N-алкилиминов с образованием соответствующих оксазиридинов. В качестве окисляющего агентов использованы хиральные надкислоты: (1S)-(+)-надкамфорная, (S)-2-метилнадмасляная и (R)-(-)-2-фенилнадпропионовая. Различия в диастереоселективности и энантиоселективности двух реакций обсуждаются в условиях влияния сульфонильных- и алкильных заместителей у атома азота на стереохимические особенности реакции иминов с надкислотами.

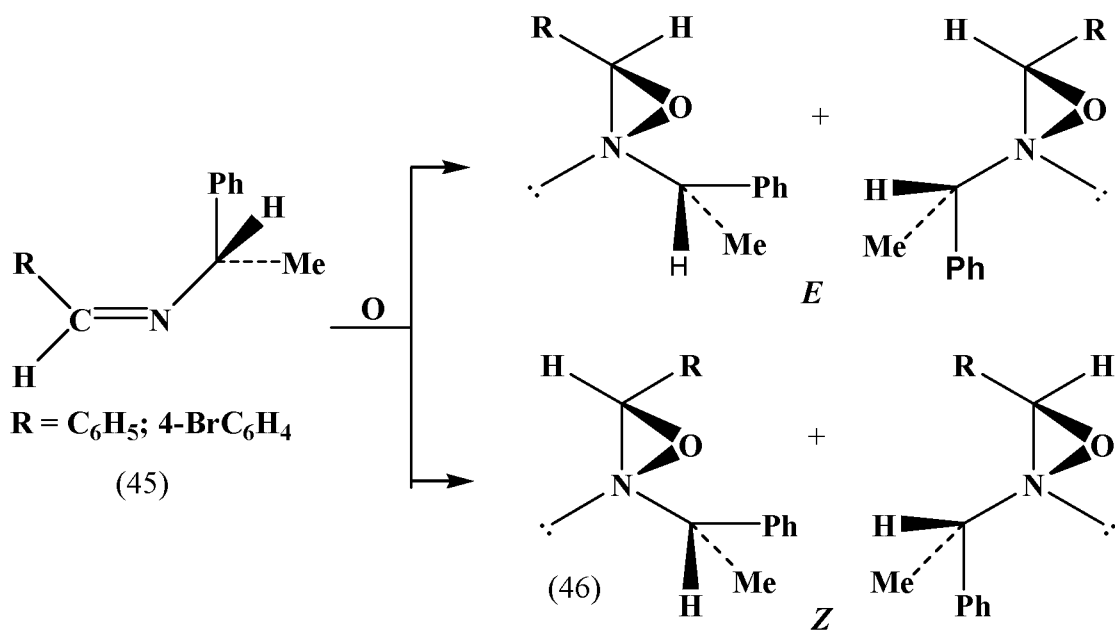
Изучая реакции окисления фторированных кетонов, авторами работы [33] осуществлен синтез нитронов полифторароматического ряда. Показано, что на результат реакции существенное влияние оказывает как строение окисляемого субстрата, так и условия её проведения. Так, если анил $(\text{C}_6\text{F}_5)_2\text{C}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_5$ (38) устойчив к длительному действию надуксусной кислоты при $\sim 20^\circ\text{C}$, то взаимодействие его с надтрифторуксусной кислотой приводит с хорошим выходом нитрона $(\text{C}_6\text{F}_5)_2\text{C}=\text{N}(=\text{O})\text{C}_6\text{H}_5$ (39). Аналогичные результаты были получены при окислении замещенных анилов

декафторбензофенона. Анил $(C_6F_5)_2C=N-C_6F_5$ (40), в котором нуклеофильность атома азота значительно понижена за счет акцепторного влияния пентафторфенильной группы, окисляются медленнее, чем остальные анилы, однако образует при этом нитрон $(C_6F_5)_2C=N(>O)C_6F_5$ (41). В то же время анилы $(C_6F_5)C_6H_5C=N-Ar$ (42), содержащие у связи $C=N$ один пента-фторфенильный остаток, взаимодействуют с трифторнадуксусной кислотой менее однозначно и дают соответствующие нитроны с меньшими выходами. Все это дает основание авторам работы [33] полагать, что в соответствии с данными [27] основным фактором, определяющим направление реакции анилов типа (38,40,42) с трифторнадуксусной кислотой, является пространственная затрудненность взаимодействия по атому углерода связи $C=N$.

Ряд работ [34-41] посвящены асимметричному синтезу оксазиридинов и абсолютной конфигурации на их атоме азота. Так, в [34,35] показано, что окисление шиффовых оснований (43), полученных реакцией хирального (R) -(+)- α -фенилэтиламина с алифатическими и алициклическими кетонами, с использованием *мета*-хлорнадбензойной кислоты приводит к росту образования нерацемических диастереоизомерных 3,3-дизамещенных оксазиридинов (44) с высоким оптическим выходом:

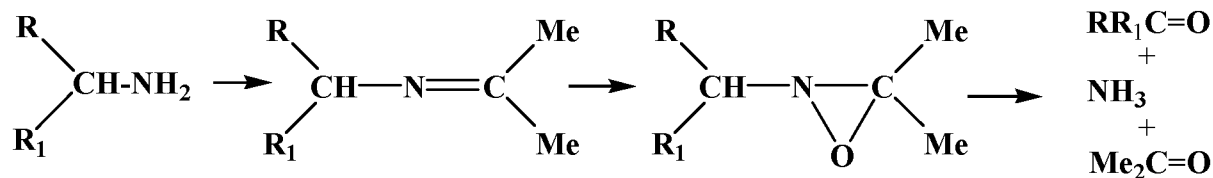


Окисление шиффовых оснований на основе ароматических альдегидов (45), как показывают авторы работ [36,37], приводит к смеси всех четырех возможных нерацемических диастереомеров (46) с преобладанием *E*-продуктов:

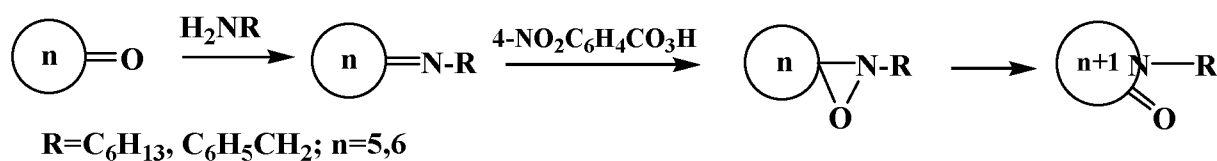


Авторами работы [42] показана возможность окисления шиффовых оснований альдегидов и кетонов гидроперекисью *трет*-амила в присутствии $MoCl_5$ или $Mo(CO)_6$ с образованием оксазиридинов с выходами 66-95%.

Авторами работы [43] разработан удобный путь перехода от первичных аминов к карбонильным соединениям кислотным гидролизом оксазиридинов, образующихся при окислении шиффовых оснований *мета*-хлорнад-бензойной кислотой:



В работе [44] сообщается о трансформации иминов алициклических кетонов в лактамы циклических кетонов через фотолиз оксазиридинов, образующихся в свою очередь при окислении *пара*-нитронадбензойной кислотой в соответствии со схемой:



Эффекты заместителей и растворителя на хироптические свойства оксазирановой хромофоры, полученных окислением *N*-алкил и *N*-бензил-иминов (-) камфоры надбензойной кислотой в CH_2Cl_2 при -50°C , рассмотрены в работе [45].

В заключение следует отметить, что результаты реакции окисления шиффовых оснований определяются как строением окисляемого субстрата, так и природой окисляющего агента и условиями проведения реакции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Auret B.J., Boyd D.R., Coulter P.B. / Autoxidation Reactions of Imines to form Oxaziridines and Amides // J. Chem. Soc. Chem. Commun. 1984. N7. P.463-464.
2. Krishnan S., Kuhn D.G., Hamilton G.A. / The Formation of Arene Oxides by Direct Oxidation of Arenes Using Carbodiimides and Hydrogen Peroxide // Tetrahedron Lett., 1977. N16. P.1369-1372.
3. Krawczyk Z., Belzecki C. / Optically Active Carbodiimides. Part I. Attempts at Kinetic Resolution of Racemates // Pol. J. Chem. 1979. V.53. N3. P.631-641.
4. Boyd D.R., Neill D.C., Watson C.G., Jemings W.B. / Dynamic Stereochemistry of Imines and Derivatives. Part VI. Stereochemistry of the Peroxyacid-Imine Route to Oxaziridines // J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1975. Pt.II. N15. P.1813-1818.
5. Srinivasan K.G., Boyer J.H. / Autoxidation of Ketimines // J. Chem. Soc. Chem. Commun. 1975. N20. P.838-839.
6. Nishinaga A., Shimizu T., Matsuura T. / Novel Synthetic Route to Amides from Aryl-methylamines via Schiff Bases derived from Amines and 2,6-Di-*t*-butyl-*p*-benzoquinone // J. Chem. Soc. Chem. Commun. 1979. N21. P.970-971.
7. Fourtinen M., de Jeso B., Pommier J-C. / Synthese de silylperoxy-imines par oxidation photosensibilisee d' enamines et d'imines silicees // Compt. Rend. Acad. Sci. (Paris). 1981. Ser. II. T.293. P.153-156.
8. Krapcho A.P., Powell J.R. / Synthesis of 1,3-Disubstituted Imidazo[1,5-*a*]pyridines // Tetrahedron Lett. 1986. V.27. N.32. P.3713-3714.
9. Hofst E., Rieche A. / Addition von Wasserstoffperoxyd an Schiffsche Basen // Angew. Chem. 1965. J.77. N12. S.548.
10. Schirmann J., Weiss F., Kuhlmann U. / Chimie des Peroxydes en Milieu Basique. I. Oxydation des Bases de Schiff en Oxaziridines avec le Peroxyde D'hydrogene et un Nitrile // Tetrahedron Lett. 1972. N. P.633-634.
11. Nishinaga A., Shimizu T., Matsuura T. / Oxygenation of 4-(*N*-Alkyl-iminomethyl)-2,6-Di-*t*-Butylphenols mediated by Co(II)-Schiff Base complex // Tetrahedron Lett. 1980. V.21. P.4097-4100.
12. Emmons W.D. / The Preparation and Properties of Oxaziranes // J. Am. Chem. Soc. 1957. V.79. N21. P.5739-5754.
13. Патент Великобритании №847338 / Krimm H., Schnell H. // Опул. В С.А. 1961. V.55. 24566d.
14. Schmitz E., Ohme R., Murawski D. / Oxaziridine II. Herstellung von Oxaziridinen durch Aminierung von Carbonylverbindungen // Chem. Ber. 1965. J.98. N.8. S.2516-2524.
15. Madan V., Clapp L.B. / Mechanism of Oxidation of Schiff Bases to Oxaziranes by Peroxy Acids in Various Solvents // J. Am. Chem. Soc. 1969. V.91. N22. P.6078-6083.
16. Madan V., Clapp L.B. / Mechanism of Oxidation of Schiff Bases to Oxaziranes by Peroxy Acids. II. In Aprotic Solvents // J. Am. Chem. Soc. 1970. V.92. N16. P.4902-4905.

17. Ogata Y., Sawaki Y. / Peracid Oxidation of Imines. Kinetics of Oxazirane Formation from Benzylidene-*tert*-butylamines and Perbenzoic Acid // J. Am. Chem. Soc. 1973. V.95. N14. P.4687-4692.
18. Bailey P.S. / The Reactions of Ozone with Organic Compounds // Chem. Rev. 1958. V.58. N.5. P.925-1010.
19. Riebel A.H., Erickson R.E., Abshire C.J., Bailey P.S. / Ozonation of Carbon-Nitrogen Double Bonds. I. Nucleophilic Attack of Ozone // J. Am. Chem. Soc. 1960. V.82. N7. P.1801-1807.
20. Erickson R.E., Andrusis P.J., Collins J.C., Lungle M.L., Mercer G.D. / Mechanism of Ozonation Reactions. IV. Carbon-Nitrogen Double Bonds // J. Org. Chem. 1969. V.34. N10. P.2961-2966.
21. Stojkovic A., Andrejevic V., Mihailovic M.Lj. / The Reaction of Lead Tetraacetate with primary and Secondary Amines containing an α -Methy-lene Group // Tetrahedron. 1967. V.23. P.721-732.
22. Rindone B., Scolastico C. / Oxidation of Aromatic Aniles with Lead Tetra-Acetate // J. Chem. Soc. Perkin Trans. Pt I. 1975. N20. P.2022-2025.
23. Corbani F., Rindone B., Scolastico C. / The Oxidation of Compounds Capable of Imine-Enamine Tautomerism with Lead Tetraacetate // Tetrahedron. 1975. V.31. N5. P.455-457.
24. Butler R.N., Scott F.L., O'Mahony T.A.F. / Reactions of Lead Tetra-acetate with Substituted Azomethines // Chem. Rev. 1973. V.73. N2. P.93-112.
25. Rindone B., Santaniello E., Scolastico C. / The Oxidation of Aromatic Aniles with Tetraacetate // Tetrahedron Lett. 1972. N1. P.19-22.
26. Catto A., Corbani F., Rindone B., Scolastico C. / The Oxidation of Aromatic Aniles with Tetraacetate. II // Tetrahedron Lett. 1973. N29. P.2723-2726.
27. Bjorgo J., Boyd D.R., Neill D.C., Jennings W.B. / Dynamic Stereo-chemistry of Imines and Derivatives. Part 11. Synthesis and Stereochemistry of (*E*)- and (*Z*)-Nitrones // J. Chem. Soc. Perkin Trans. Pt.I. 1977. N3. P.254-259.
28. Pews R.G. / A Novel Synthesis of 3-Phenyloxaziridines // J. Org. Chem. 1967. V.32. N5. P.1628.
29. Tamagaki S., Sakaki K., Oae S. / The Kinetic Study on the Reaction of Oxaziridine with Tri-*n*-Butylphosphine // Bull. Chem. Soc. Japan. 1972. V.45. N10. P.3179-3182.
30. Boyd D.R., Waring L.C., Jennings W.B. / Dynamic Stereochemistry of Imines and Derivatives. Part 13. The Stereochemistry of the Products from Peroxyacid Oxidation of Bis-N-Alkylaldimines // J. Chem. Soc. Perkin Trans. Pt.I. 1978. N3. P.243-247.
31. Тущенко И.Г., Гринкевич В.Г. / Синтез оксазиридиноксиранов // Хим. гетероцикл. соед. 1980. №5. С.707.
32. Bucciarelli M., Forni A., Moretti I., Torre G. / Influence of the N-Sulphonyl and N-Alkyl Groups on Stereochemical Features of the Peroxy-acid-Imine reaction // J. Chem. Soc. Perkin Trans. Pt.II. 1983. N7. P.923-926.
33. Петренко Н.И., Герасимова Т.Н., Фокин Е.Н. / Синтез нитронов полифторароматического ряда // Изв. АН СССР Сер. хим. 1984. №6. С.1378-1384.
34. Belzecki C., Mostowicz D. / Oxaziridine Synthesis by Asymmetric Induction // J. Chem. Soc. Chem. Commun. 1975. N7. P.244.
35. Belzecki C., Mostowicz D. / Asymmetric Synthesis of Oxaziridines // J. Org. Chem. 1975. V.40. N26. P. 3878-3880.
36. Bogucka-Ledochowska M., Konitz A., Hempel A., Dauter Z., Borowski E., Belzecki C., Mostowicz D. / Studies on the Configuration at Chiral Nitrogen in 2-(S-1-Phenylethyl)-3-p-bromophenyl Oxaziridine // Tetrahedron Lett. 1976. N13. P.1025-1028.
37. Mostowicz D., Belzecki C. / Absolute Configuration at Chiral Nitrogen in Oxaziridines. 2. // J. Org. Chem. 1977. V.42. N24. P.3917-3921.
38. Forni A., Moretti I., Torre G. / Asymmetric Synthesis at Nitrogen by Oxidation of Imines with *m*-Chloroperoxybenzoic Acid in the Presence of Optically Active Alcohols // J. Chem. Soc. Chem. Commun. 1977. N20. P.731-732.
39. Bucciarelli M., Forni A., Moretti I., Torre G. / Absolute Stereo-chemistry of the Peroxy-acid-Imine Route to Optically Active Oxaziridines // J. Chem. Soc. Perkin Trans. Pt.II. 1977. N10. P.1339-1346.
40. Forni A., Moretti I., Torre G. / Absolute Configuration at Chiral Nitrogen in Oxaziridines. Configurational Correlations by NMR Spectroscopy in Optically Active Solvating Agents // Tetrahedron Lett. 1978. N32. P.2941-2944.
41. Boyd D.R., Graham R. / Assymetry in Oxaziridines // J. Chem. Soc. Ser.C. 1969. N19. P.2648-2650.
42. Tolstikov G.A., Jemilev U.M., Jurjev V.P., Gershanov F.B., Rafikov S.R. / Hydroperoxide Oxidation of Some Nitrogen-containing Compounds Catalysed by Metals // Tetrahedron Lett. 1971. N30. P.2807-2808.
43. Black D.St.C., Blackman N.A. / Nitrones and Oxaziridines. XIII. A Convenient Method for the Oxidation of Primary- and Secondary-Alkyl Amines to Carbonyl Compounds // Aust. J. Chem. 1975. V.28. N11. P.2547-2551.
44. Desherces E., Riviere M., Parello J., Lattes A. / Oxazirannes. Obtention de lactames N-substituees par photolyse d'oxazirannes // Comp. rend. Acad. Sci. Paris. 1972. T.275. N11. P.581-584.
45. Forni A., Moretti I., Torre G., Vignudelli E. / Substituent and Solvent effect on the Chiroptical Properties of the Oxazirane Chromophore // Tetra-hedron Lett. 1979. N10. P.907-910.

Резюме

Мақалада Шифф негіздерінің тотығу реакциялары жан-жақты қарастырырылған.

Шифф негіздерінің тотығу реакцияларының нәтижесі тотығатын субстраттың құрылысымен, тотықтырғыш агенттің табиғатымен және реакцияны жүргізу шарттарымен анықталынатындығы көрсетілген.