

## Синтезделген фазалардың рентгенографиялық көрсеткіштері

Қосылыс	Сингония түрі	Элементар ұяшық параметрі, Å		$V_{\text{ұяшық}} (\text{Å})^3$	Z	$V_{\text{эл.ұяшық}} \text{Å}$	Тығыздық $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	
		a	c				рентг.	пикн.
$\text{La}_2\text{Li}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$	Тетрагоналды	11,08	16,98	2084,57	8	260,57	4,90	4,74
$\text{La}_2\text{Na}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$	Тетрагоналды	11,08	16,93	2078,44	8	259,805	5,23	5,02
$\text{La}_2\text{K}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$	Тетрагоналды	11,12	16,95	2095,94	8	261,99	5,49	5,23

Рентгенографиялық зерттеу нәтижелері бойынша алынған қосылыстар көлемі центрленген тетрагоналды сингонияда кристалданатындығы анықталды. Рентгендік және пикнометрлік тығыздықтары мәндерінің сәйкестігі де рентгенографиялық зерттеу нәтижелерінің дұрыстығын дәлелдейді.

## References

1. *Taylor K.I., Timofeyev N.I.* Oxygen compounds of rare-earth elements: Reference book. — М.: Metallurgy, 1986. — 480 p.
2. *Oxide materials in electronic technology (collected articles).* — М.: Znanie, 1983. — 64 p.
3. *Letyuk L.M., Zhuravlev G.I.* The Chemistry and technology of ferrites: Textbook for educational institution. — L.: Chemistry, 1983. — 256 p.
4. *Penkalya T.* Essays on crystal chemistry. — L.: Chemistry, 1974. — 496 p.
5. *Geguzin Ya.E.* The microscopic defects in metals. — М.: Metallurgy, 1962. — 252 p.

УДК 541.6+547.362

## Сопряжение и конформации молекул

## Conjugation and molecular conformations

Абуляисова Л.К.

Казахандинский государственный университет им. Е.А.Букетова (E-mail: lyazzat.kz07@mail.ru)

Мақалада ең қарапайым қосарланған жүйе — бутадиеден полиорынбасылған хош иісті қосылыстарға дейінгі жүйелердің конформациялары қарастырылған. Молекулалардың конформациялары біртекті еместігінің тәжірибелік зерттеуінің (УК, ИҚ, ФЭ, ЯМР спектроскопиясы, диполь моменттер әдістері т.б.) көп мысалдары келтірілген. Заттың фазалық күйіне орынбасушылардың бар болуы мен топологиясына, олардың электрондық табиғаты және жылулық флуктуацияларына байланысты қосарланған молекулалардың жазық конформациясының жалғыз еместігі, тіпті басымды емес бола алатыны көрсетілген.

The article considers the conformational behavior of the simplest conjugated systems butadiene to polysubstituted aromatics. The paper presents numerous examples of experimental study (methods of UV, IR, PE, NMR spectroscopy, dipole moments, etc.) of the conformational heterogeneity of the molecules. It is shown that depending on the phase state of matter, the presence and topology of the substituents, their electronic nature and the thermal fluctuations of the coplanar conformation of conjugated molecules can not be the sole or even predominant.

По классическим представлениям свободное внутреннее вращение возможно вокруг любых одинарных химических связей [1–3]. Однако оно затруднено в сопряженной системе, в которой делокализация электронного облака препятствует свободному вращению относительно простых связей (углерод-углерод, углерод-кислород и др.). Это приводит к появлению поворотной изомерии и уже

для такой простейшей сопряженной системы, как бутадиен, существованию нескольких изомеров (цис-, транс-) [4–6]. Превращение последних друг в друга происходит гораздо легче, чем в случае цис-транс-изомеров олефинов. Поэтому указанные формы бутадиена считают конформерами (высота энергетического барьера 2,6 ккал/моль). Как установлено методом дифракции электронов [7], преимущественной, но не единственной, конформацией молекулы бутадиена является S-транс-конформация. В [5] приведены новые и уточненные результаты теоретических (*ab initio* и метод функционала плотности) и экспериментальных исследований (УФ-спектры), подтверждающие, что глобальный минимум торсионного потенциала вращения принадлежит транс-конформации, локальный минимум — гош-конформации, седловые точки — S-цис- и твист-конформерам.

Однако существует мнение, что сопряженной системе, такой как замещенное ароматическое ядро, соответствует единственная планарная конформация. Но не всегда наличие сопряжения может быть доказательством плоского строения молекул. Резонансное взаимодействие реализуется и в неплоских формах. Например, при изучении химических сдвигов в спектрах ЯМР [8–10] было установлено, что у эфиров фенолов, в отличие от сульфидов и селенидов, сопряжение сохраняется и в неплоской конформации.

Кроме того, в результате тепловых флуктуаций возникает статистическое распределение конформаций молекулы, поэтому при данной температуре в объеме вещества имеются молекулы в различных конформациях, а не только в конформации с минимальной энергией [3]. Следствием этого является тот факт, что физические характеристики соединения, измеренные при конкретной температуре, представляют собой средние значения по статистическому распределению конформаций. К примеру, минимальной энергией из конформеров дихлорэтана обладает *транс*-конформер. Вследствие симметрии молекулы его дипольный момент равен нулю. Однако экспериментально измеряемый дипольный момент дихлорэтана при комнатной температуре составляет около 1,12 Д, что является результатом вклада других конформаций.

Также следует добавить, что молекулы одного и того же соединения в разных фазовых состояниях могут отличаться конформациями, т.е. энергетически выгодная в одной фазе конформация может быть нестабильной в другой [11–13]. В этом отношении примечателен бифенил. Его молекула в кристалле является плоской [14], а в газовой фазе и изотропном растворе — неплоской: фенильные кольца располагаются под углом 40–45 и 30° [2] соответственно. Объясняется это тем, что межмолекулярные силы в кристалле незначительно изменяют длины связей и валентные углы, но могут существенно повлиять на углы внутреннего вращения — заставить молекулу приобрести ту конформацию, которая не является устойчивой в газовой или жидкой фазе.

В других замещенных ароматических молекулах поворот вокруг связей, являющихся проводниками сопряжения, также невыгоден с точки зрения внутримолекулярных взаимодействий, тем не менее весьма распространен. Так, в кристаллах нитробензолов, нитронафталинов [15], нафтойных кислот [16] группы NO<sub>2</sub> или COOH, сопряженные с бензольным ядром, отклонены от ядра на 0–15°. Такие отклонения происходят за счет эффектов упаковки или, иначе говоря, вследствие межмолекулярных взаимодействий.

По данным микроволновой и рентгеновской спектроскопии [17, 18] наиболее устойчивой конформацией стерически не затрудненного нитробензола является планарная конформация. Экспериментальные величины барьера внутреннего вращения составляют 2,8–3,3 ккал/моль [18, 19]. Причина отличия последних результатов от приведенных выше, — по-видимому, в разных агрегатных состояниях нитробензолов.

Поворот нитрогруппы в нитромезитиле подтвержден рентгеноструктурным анализом [20]. Выводы о снижении сопряжения вследствие поворота заместителя сделаны из данных УФ-спектров [21] и эффектов экранирования в спектрах ЯМР [22] производных дурола. Для этих соединений получены следующие величины углов, характеризующих выход из копланарности: N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 65°; ОСН<sub>3</sub> 49°; NO<sub>2</sub> 54°. В результате таких поворотов погашаются соответственно 58, 35 и 41 % мезомерии.

В молекуле гексанитробензола при полной копланарности возникают существенные пространственные затруднения между нитрогруппами. В реальной конформации эти затруднения уменьшаются за счет деформаций валентных углов и нарушения копланарности сопряженной системы. Так, в вышеназванной молекуле угол поворота нитрогрупп вокруг связей С–N равен 53° [23, 24], в структуре 1,5-динитронафталина — 65° [25].

Для арилметиловых эфиров и их тио- и селеноаналогов [26] возможны и плоские, и неплоские структуры (за счет эффективного  $p, \pi$ -сопряжения или его ослабления соответственно). Конформацию молекул определяют имеющиеся в ароматическом кольце заместители. Авторами работ [8–10] был сделан вывод о том, что вариация заместителей от акцепторов до доноров увеличивает торсионный угол, характеризующий конформацию молекул. Вопрос о том, какая из конформаций для молекул, содержащих заместители различной природы, является предпочтительной, не решается без использования соответствующих методов или вычислений. Так, методами дипольных моментов, эффекта Керра, ИК, ЯМР и др. [26, 27] установлено, что при отсутствии других заместителей в ароматической системе большинства кислородсодержащих соединений либо при наличии в *para*- и *meta*-положениях кольца различных по природе заместителей плоские конформации преобладают. В присутствии же сильных электронодонорных заместителей в *para*-положении кольца вследствие конкурентного сопряжения реализуются неплоские структуры. Например, у незамещенного в кольце фенола имеются и ортогональные, и плоские конформации. Согласно методам МВ-, ИК-спектроскопии и термодинамическим расчетам плоские конформации более устойчивы (величина барьера внутреннего вращения вокруг связи  $C_{Ar}-O$  для стабильной конформации составляет 14,23 кДж/моль) [28, 29]. В то же время газозафазная фотоэлектронная спектроскопия не выявила признаков конформационной неоднородности фенола [30].

Для анизолы было найдено [26], что атом кислорода выведен из плоскости бензольного кольца на угол, равный  $4^\circ$ .

Аналогичные соединения серы и селена без заместителей в бензольном кольце являются, напротив, неплоскими, что обусловлено ослаблением  $p, \pi$ -сопряжения и возможными эффектами  $\pi, d$ - или  $\pi, \sigma^*$ -взаимодействия. Для соединений, обладающих сильными электроноакцепторными *para*-заместителями, характерны плоские конформации, в случае сильных электронодонорных заместителей — неплоские конформации [26, 27].

Согласно данным ИК-, МВ-спектроскопии и термохимическим исследованиям тифенол существует в плоской форме [28]. Напротив, согласно методу спектроскопии ЯМР в жидких кристаллах молекула тифенола имеет неплоское строение с величиной торсионного угла  $26 \pm 3^\circ$  [31].

По данным [26] молекулы тифенола в жидком и кристаллическом состояниях образуют различные ассоциаты. Их возникновение связано с отклонением структуры молекул от плоской, из чего следует большая некопланарность молекул тифенола в твердой фазе, чем в газовой. Экспериментальные величины барьера внутреннего вращения вокруг связи  $C-S$  для наиболее устойчивой конформации  $C_6H_5SH$  равны 3,34 кДж/моль [28], 2,09 кДж/моль [30], 1,17 кДж/моль [29]. Известно, что при комнатной температуре при барьерах менее 2,5 кДж/моль существует свободное вращение фрагментов в молекулах [31]. Различие в данных может быть связано с различными конформациями, реализующимися в газовой фазе и в твердой или жидкой фазах. Интересно отметить, что результаты УФ [31], ФЭ [29, 30] и рентгеновской эмиссионной [32] спектроскопии показали отсутствие конформационной изомерии в молекуле тифенола.

Об обратном, т.е. о наличии конформационной изомерии, свидетельствуют достаточно многочисленные данные экспериментальных исследований метилфенилсульфида (тиоанизолы): по результатам фотоэлектронной спектроскопии [30, 33] преимущественной конформацией является близкая к плоской, менее выгодной — близкая к ортогональной. Разность энергий двух ротамеров составляет  $3,5 \pm 0,3$  кДж/моль [33]. Повышение температуры изменяет интенсивность полос ионизации в соответствии с ростом заселенности неплоского конформера. Рентгеновский флуоресцентный спектр [32] этой молекулы подтверждает наличие конформационной изомерии.

Для изучения пространственного строения метилфенилсульфида в жидком состоянии использовались методы дипольных моментов и двойного лучепреломления в электрическом поле [34]. Их выводы однозначны: молекула метилфенилсульфида неплоская. Величина двугранного угла составляет  $23 \pm 5^\circ$ , а по константам Керра —  $40^\circ$ . Различные значения угла объясняют отличием применявшихся расчетных схем [34]. Для метилфенилсульфида в парах электронографическим методом найдено, что величина угла равна  $45 \pm 10^\circ$  [35].

В случае *para*-хлор- и бромзамещенных метиларилсульфидов более стабильным конформером является близкий к плоскому [28], а для *para*-нитрозамещенного соединения — плоский конформер [29]. Анализ дальних констант спин-спинового взаимодействия в спектрах ЯМР позволил авторам работы [36] сделать следующий вывод: молекулы  $n-RC_6H_4SCH_3$  ( $R = H, F, CH_3$ ) имеют двукратный барьер внутреннего вращения около связи  $C_{Ar}-S$  с величинами барьера (кДж/моль): для

$R = H$  5,4,  $R = F$  3,8,  $R = CH_3$  3,8. Существование конформеров подтверждается спектрами ЯМР  $^1H$  и  $^{13}C$  в жидких кристаллах и данными метода дипольных моментов для указанных замещенных соединений [37]. Микроволновые исследования [38] показали, что в молекуле  $n-FC_6H_4SCH_3$  существует стабильный плоский конформер и менее стабильный — близкий к ортогональному. При этом разность энергий ротамеров составила  $3,0 \pm 1,0$  кДж/моль [38].

На основании интерпретации химических сдвигов ЯМР в большой серии замещенных алкиларилсульфидов авторами [9, 37] предположено, что варьирование заместителей от акцепторов до доноров увеличивает торсионный угол, определяющий конформацию молекул.

В УФ- и ИК-спектрах *para*-замещенных метил-, диформетил- и трифторметиларилсульфидов [39–41] наблюдаются отдельные полосы поглощения, относящиеся к обоим конформерам.

Конформационное поведение сложных эфиров фенолов и сложных эфиров бензойных кислот схоже. Строение фениловых эфиров бензойных кислот изучено методом рентгеноструктурного анализа для кристаллического состояния. В растворе некоторые фенилбензоаты исследовались методом дипольных моментов [42, 43]. Было показано, что сложноэфирный фрагмент в молекулах, как и во всех ациклических сложных эфирах, существует в *Z*-конформации. Ароматическое кольцо бензоатного фрагмента лежит в плоскости сложноэфирной группы, а ароматическое кольцо феноксильного фрагмента выведено из этой плоскости на значительный угол. В растворе в  $CCl_4$  он составляет приблизительно  $70 \pm 10^\circ$  [43]. Экспериментальные сведения о строении фенилбензоата в газовой фазе отсутствуют.

Сведения в литературе о наиболее устойчивой конформации сложных эфиров фенолов неоднозначны. Авторы работы [43] сделали вывод о тенденции феноксильного радикала в сложных эфирах занимать ортогональную конформацию. Результаты статистического анализа рентгеноструктурных данных для фениловых эфиров уксусной кислоты [44] показали, что преобладание ортогональной формы в ацетоксифенильной группе даже в отсутствие в фенильном кольце *ortho*-заместителей отмечается как закономерность. А в присутствии одного или двух *ortho*-заместителей в феноксильной группе заселенность ортогональной конформации увеличивается [43]. Косвенная экспериментальная оценка барьера вращения в метилбензоате составляет 22,2 кДж/моль, а прямая оценка методом микроволновой спектроскопии в близких по строению бензальдегиде и его дейтерированном аналоге — 20,5–22,0 кДж/моль [44]. С другой стороны, кристаллографические данные подтверждают предположение авторов [43] о планарной взаимной ориентации карбонильной группы и ароматического фрагмента за счет их сопряжения в незамещенных сложных эфирах бензойных кислот. Присутствие единственного *ortho*-заместителя уже дестабилизирует сопряженную форму. Введение двух *ortho*-заместителей приводит к стабилизации структуры с ортогональным расположением плоскостей бензольного кольца и карбонильной группы. Однако образование внутримолекулярной водородной связи снова делает молекулу плоской.

Перед автором настоящей статьи не стояла задача охватить всю литературу по конформационному анализу сопряженных систем, в чем даже в принципе не было необходимости. Приведенных здесь данных экспериментальных исследований разнообразных сопряженных систем, на наш взгляд, вполне достаточно, чтобы показать и подтвердить существование не единственной конформации молекул, а дискретного ряда значимых конформаций.

## References

1. Iliel, E., Allinger, N. et al. Conformational Analysis. — 1st ed. — M.: Mir, 1969. — 467 p.
2. Dashevsky V.G. Conformation of Organic Molecules. — 1st ed. — M.: Chemistry, 1974. — 432 p.
3. Dashevsky V.G. Conformational Analysis of Organic Molecules. — 1st ed. — M.: Chemistry, 1982. — 272 p.
4. Braude E.A., Uayt E.S. The Successes of Stereochemistry. — M.: Goskhimizdat, 1961. — P. 331.
5. Karpfen A., Parasuk V. Accurate Torsional Potentials in Conjugated Systems: ab Initio and Density Functional Calculations on 1,3-butadiene and Monohalogenated Butadienes // Mol. Phys. — 2004. — Vol. 102. — № 8. — P. 819–826.
6. Potapov V.M. Stereochemistry. — 2nd ed. — M.: Khimiya, 1976. — 695 p.
7. Bekker G. Introduction to the Electron Theory of Organic Reactions. — 3rd ed. — M.: Mir, 1977. — 658 p.
8. Bzhezovsky V.M., Kalabin G.A. et al. Study of Conjugation Effects by NMR Spectroscopy. Communication 3. The  $^{13}C$  NMR Spectra of Alkylphenyl Sulphides and Ethers // Izv. Acad. Nauk USSR. — 1976. — № 9. — P. 1999–2004.
9. Bzhezovsky V.M., Kalabin G.A. et al. Study of Conjugation Effects by NMR Spectroscopy. Communication 11. The Effects of Alkyl Groups in Substituted Alkyltobenzenes // Izv. Acad. Nauk USSR. Ser. Khim. — 1981. — № 7. — P. 1525–1530.

10. *Bzhezovsky V.M., Dolenko G.N. et al.* Study of Conjugation Effects by NMR Spectroscopy. Communication 12. Electronic Structure of Alkylphenyl Sulphides, Sulphoxides and Sulphones // *Izv. Acad. Nauk USSR. Ser. Khim.* — 1981. — № 8. — P. 1784 — 1789.
11. *Averyanov E.M., Zhuikov V.A. et al.* Variation in the Conformation of Mesogenic Molecules Induced by Phase Transitions in Uniaxial Liquid Crystals // *Zh. Eksp. Teor. Fiz.* — 1981. — Vol. 81. — № 1 (7). — P. 210–216.
12. *Averyanov E.M., Mineev L.I.* Variation in the Conformation and Electronic Structure of Molecules at Phase Transitions in Uniaxial Liquid Crystals // *Zh. Strukt. Khim.* — 1986. — Vol. 27. — № 2. — P. 82–87.
13. *Timofeeva T.V., Chernikova N. et al.* Theoretical Calculation of the Spatial Distribution of Molecules in Crystals // *Uspekhi Khimii.* — 1980. — Vol. 49. — P. 966–997.
14. *Hargreaves A., Rizvi S.H.* The Crystal and Molecular Structure of Biphenyl // *Acta Cryst.* — 1962. — Vol. 15. — P. 365–373.
15. *Dashevsky V.G., Struchkov Yu.T. et al.* Conformations of Overweighted Aromatic Nitrocompounds // *Zh. Strukt. Khim.* — 1966. — Vol. 7. — № 4. — P. 594–602.
16. *Dashevsky V.G., Avoyan R. et al.* Features of the Structure and Reactivity of Some Galogennaftoic Acids. I. Reactivity and Conformation // *Zh. Org. Khim.* — 1968. — Vol. 4. — P. 891.
17. *Trotter J.* Crystal Structure of Nitrobenzene at  $-30^\circ$  // *Acta Cryst.* — 1959. — Vol. 12. — P. 884–888.
18. *Hog J.H., Nygaard L. et al.* Microwave Spectrum and Planarity of Nitrobenzene // *J. Mol. Struct.* — 1971. — Vol. 7. — P. 111–121.
19. *Correll T., Larsen N.W. et al.* Equilibrium Configuration and Barriers of Four Fluorine Substituted Nitrobenzenes, Obtained by Microwave Spectroscopy // *J. Mol. Struct.* — 1980. — Vol. 65. — P. 43–49.
20. *Nagakura S., Koyima M. et al.* Electronic Spectra and Electronic Structures of Nitrobenzene and Nitromesitylene // *J. Mol. Spectr.* — 1964. — Vol. 13. — № 2. — P. 174–192.
21. *Wepster B.M.* Steric Effects on Mesomerism. XV†. Comparative Investigations Involving Ultra-violet Absorption Spectra, Molecular Refractions, Basic Strengths, and Rates of Reaction of Derivatives of Nitrobenzene // *Recl. Trav. Chim. Pays-Bas.* — 1957. — Vol. 76. — P. 335–356.
22. *Woolfenden W.R., Grant D.M.* Carbon-13 Magnetic Resonance. V.1. Conformational Dependence of the Chemical Shifts in the Methylbenzenes // *J. Am. Chem. Soc.* — 1966. — Vol. 88 (7). — P. 1496–1502.
23. *Trotter J.* Crystal and Molecular Structures of m-Dinitrobenzene and p-Dinitrobenzene // *Canad. J. Chem.* — 1961. — Vol. 39. — P. 1638–1644.
24. *Akopyan Z.A., Struchkov Y.T. et al.* The Crystal and Molecular Structure of Hexanitrobenzene // *Zh. Strukt. Khim.* — 1966. — Vol. 7. — № 3. — P. 408–416.
25. *Trotter J.* The Crystal Structure of 1,5-Dinitronaphthalene // *Acta Cryst.* — 1959. — Vol. 13. — P. 95–99.
26. *Vereshchagin A.N., Chmutova G.A. et al.* Kerr Constants and Spatial Structure of Selenoanizoles // *Izv. Acad. Nauk USSR. Ser. Khim.* — 1973. — № 6. — P. 1244–1246.
27. *Cheryukanova G.Y., Wolfson S. et al.* The Anisotropy of Polarizability and Intermolecular Interactions in para-Substituted Dimethylaniline // *Izv. Acad. Nauk USSR. Ser. Khim.* — 1974. — № 8. — P. 1800–1804.
28. *Schaefer T., Baleja J.D. et al.* An increased internal rotational barrier in thiophenol caused by meta substituents // *Can. J. Chem.* — 1985. — Vol. 63. — P. 2471–2475.
29. *Chen P.C., Chen S.C.* Theoretical Study of the Internal Rotational Barriers in Nitrobenzene, 2-Nitrotoluene, 2-Nitrophenol, and 2-Nitroaniline // *Int. J. Quant. Chem.* — 2001. — Vol. 83. — № 6. — P. 332–337.
30. *Pross A., Radom L.* Theoretical Approach to Substituent Effects. Phenols and Phenoxide Ions // *J. Org. Chem.* — 1980. — Vol. 45. — P. 818–826.
31. *Internal Rotation of Molecules.* — 3rd ed. — M.: Mir, 1977. — 510 p.
32. *Dolenko G.N., Voytyuk A.A. et al.* The Study of Rotational Isomerism of Thiophenols and Thioanizoles // *J. Strukt. Khim.* — 1982. — Vol. 23. — № 2. — P. 34–38.
33. *Schweig A., Thon N.* Measurement of Relative Conformational Stabilities by Variable Temperature Photoelectron Spectroscopy. A Study of Rotational Isomerism in Thioanisole // *Chem. Phys. Lett.* — 1976. — Vol. 38. — № 3. — P. 482–485.
34. *Aroney M.J., LeFevre R.J.W. et al.* Molecular Polarizability. The Conformations as Solutes of 9,10-Dihydroanthracene, Anthrone and Xanthone // *J. Chem. Soc. (B).* — 1971. — Vol. 82. — P. 1132–1135.
35. *Zaripov N.M.* Electron Diffraction Study of the Molecular Structure of Thioanisole // *J. Strukt. Khim.* — 1976. — Vol. 17. — № 4. — P. 741–743.
36. *Schaefer T., Baleja J.D.* Motion about the Csp<sup>2</sup>-S Bond in Thioanisole and Some Derivatives by the J Method // *Can. J. Chem.* — 1986. — Vol. 64. — P. 1376–1381.
37. *Emsly J.M., Longeri M. et al.* The Conformation of Thioanisoles Studied Using Nuclear Magnetic Resonance Spectra of Liquid Crystalline Solutions // *J. Chem. Soc., Perkin Trans. II.* — 1982. — P. 1289–1296.
38. *Bzhezovskii V. M., Kapustin E.G.* Potential Functions of Internal Rotation around the Csp<sup>2</sup>-S Bond and Intramolecular Interactions in Thioanisoles p-RC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>SCH<sub>3</sub> // *Russ. J. Gen. Chem.* — Vol. 74. — № 1. — P. 74–82.
39. *Panov A.M., Ratovsky G.V. et al.* The Study of Conformational Composition of Alkylarylsulfides by UV spectroscopy // *Zh. Org. Khim.* — 1983. — Vol. 33. — № 3. — P. 517–524.
40. *Ratovsky G.V., Shiverovskaya O.A. et al.* Spectral Estimation of the Conformational Composition and Intramolecular Interactions in Alkylarylsulfides // *Zh. Org. Khim.* — 1989. — Vol. 59. — № 10. — P. 2273–2277.
41. *Shiverovskaya O.A., Ratovsky G.V. et al.* Spectral Characteristics and Conformational Composition of Difluoromethyl- and Trifluoromethylarylsulfides // *Ukr. Khim. Zh.* — 1992. — Vol. 58. — № 8. — P. 687–693.
42. *Bredikhin A.A., Frolova L.W. et al.* The conformations of o,o-dimethylsubstituted diphenyl ethers in solution according to the electro-optical methods // *Izv. Acad. Nauk USSR. Ser. Khim.* — 1988. — № 2. — P. 350–354.

43. *Bredihin A.A., Kirillovich K.V. et al.* Polarity, Polarizability and Structure of the Esters. Comm. 8. Regularities of Spatial Structure and Electro-optical Characteristics of the Esters of Benzoic Acids // *Izv. Acad. Nauk USSR. Ser. Khim.* — 1991. — № 4. — P. 795–801.
44. *Bredihin A.A., Frolova L.V. et al.* Polarity, Polarizability and Structure of the Esters. Comm. 4. Conformation of the para-Substituted Phenylacetate in solution // *Izv. Acad. Nauk USSR. Ser. Khim.* — 1989. — № 4. — P. 1555–1559.

Репозиторий КАРГУ