

РАСЧЕТ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ СИММЕТРИИ  
ОКРЕСТНОСТИ МОЛЕКУЛЫ АНГИДРИДА БИЦИКЛО  
[2.2.1]-ГЕПТ-5-ЕН-2,3-ДИКАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ

М.С.САЛАХОВ<sup>1</sup>, А.М.МАГЕРРАМОВ<sup>2</sup>, Б.Т.БАГМАНОВ<sup>1</sup>, О.Т.ГРЕЧКИНА<sup>1</sup>

*E-mail: salahov\_mustafa@mail.ru*

<sup>1</sup>*Институт Полимерных Материалов НАН Азербайджана*

<sup>2</sup>*Бакинский Государственный Университет*

*Впервые рассчитаны топологические индексы информационного содержания графа, относительно окрестности  $k$ -го порядка ( $IC_k$ ), полного информационного содержания ( $TIC_k$ ), структурного информационного содержания ( $SIC_k$ ), информационного содержания связывания ( $VIC_k$ ) и комплементарного информационного содержания ( $CIC_k$ ) для молекулы ангидрида бицикло [2.2.1]-гепт-5-ен-2,3-дикарбонической кислоты.*

Для установления соотношений структура - свойство используются достаточно формальные и простые методы, основанные на описании строения молекулы структурной формулой [1]. При таком топологическом способе описания молекулярного строения учитывают лишь типы атомов и характер их связывания, но пренебрегают метрическими характеристиками молекулы. Такой топологический способ описания строения может вполне охарактеризовать соединение, так как известно, что многие свойства соединений являются следствиями схемы связанности атомов в молекуле [2]. В наше время теоретико-графовые и топологические представления приобретают всевозрастающую роль в исследовании строения и свойств химических соединений. Не смотря на то, что при описании молекулы с помощью графа теряются стереохимические особенности молекулярной структуры, графы описывают полную топологию молекулы. При теоретико-графовом описании отражаются те особенности молекулярного строения, которые зависят от связности в противоположность свойствам, обусловленным геометрическим расположением атомов в пространстве. Поэтому химические графы являются топологическими, а не геометрическими представлениями молекулярных структур [3].

Информационное содержание графа может являться количественной мерой его структурной модификации. Для описания структуры молекул широко используются топологические индексы, получаемые в основном путем преобразования молекулярного графа в число [1].

Различные топологические индексы в значительной степени коррелируют с физико-химическими и биологическими свойствами разнообразных групп молекул [4,5].

Индексы симметрии окрестности получают при рассмотрении окрестностей вершин химических графов. Множество соответствующих элементов, по-

лученных из графа, разбивается на основе отношений эквивалентности на непесекающиеся подмножества и для расчета информационного содержания используется формула Шеннона (1)[2].

$$\text{Информационное содержание} = -p_i \log_2 p_i \text{ бит, где } p_i = n_i/n \text{ (} i=1,2,\dots,h \text{)} \quad (1)$$

Согласно отношению эквивалентности, две вершины принадлежат одному классу эквивалентности, если они имеют одинаковую кратность ребер и одно и тоже число соседей первого порядка с одинаковыми степенями.

Информационное содержание графа, относительно окрестности  $k$ -го порядка ( $IC_k$ ) в расчете на одну вершину, вычисляется по уравнению (2) [6,7]. При подходе, основанном на теории информации, множество  $A$  из  $n$  элементов, полученное из молекулярного графа, разбивается на  $h$  непесекающихся подмножеств  $A_i$  мощности  $n_i$ .

$$IC_k = - \sum_{i=1}^h p_i \log_2 p_i \quad (2)$$

Полное информационное содержание ( $TIC_k$ ), структурное информационное содержание ( $SIC_k$ ), информационное содержание связывания ( $BIC_k$ ) и комплементарное информационное содержание ( $CIC_k$ ) рассчитываются по формулам:

$$TIC_k = n \cdot IC_k \quad (3)$$

$$SIC_k = IC_k / \log_2 n \quad (4)$$

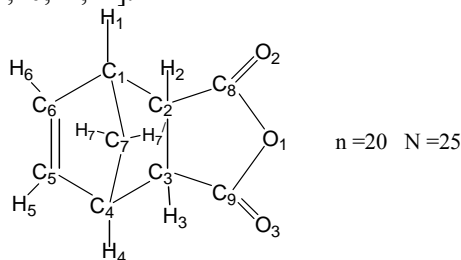
$$BIC_k = IC_k / \log_2 N \quad (5)$$

$$CIC_k = \log_2 n - IC_k \quad (6)$$

Где  $n$ - мощность множества вершин и  $N$  – полное число ребер (ковалентных связей) [2].

Информационное содержание графа можно рассматривать как количественную меру их относительной сложности. Например, для окрестности данного порядка  $IC_k$  максимально, когда все вершины различны, а для наиболее симметричного графа  $IC_k$  равно нулю.

В данной работе, используя формулы 2,3,4,5,6 рассчитаны индексы информационного содержания графа, относительно окрестности  $k$ -го порядка ( $IC_k$ ), полного информационного содержания ( $TIC_k$ ), структурного информационного содержания ( $SIC_k$ ), информационного содержания связывания ( $BIC_k$ ) и комплементарного информационного содержания ( $CIC_k$ ) для молекулы ангидрида бицикло[2.2.1]-гепт-5-ен-2,3-дикарбоновой кислоты (БГДК) (рис.1), являющейся предметом наших систематических исследований по их реакционной способности [8,9,10,11,12].



**Рис.1.** Молекула ангидрида БГДК.

Нулевой порядок k=0:

H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, H<sub>4</sub>, H<sub>5</sub>, H<sub>6</sub>, H<sub>7</sub>, H<sub>7'</sub> p=8/20  
 C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub>, C<sub>7</sub>, C<sub>8</sub>, C<sub>9</sub> p=9/20  
 O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> p=3/20

$$IC_0 = -(\log_2(9/20) + \log_2(8/20) + \log_2(3/20)) = 1,4577218$$

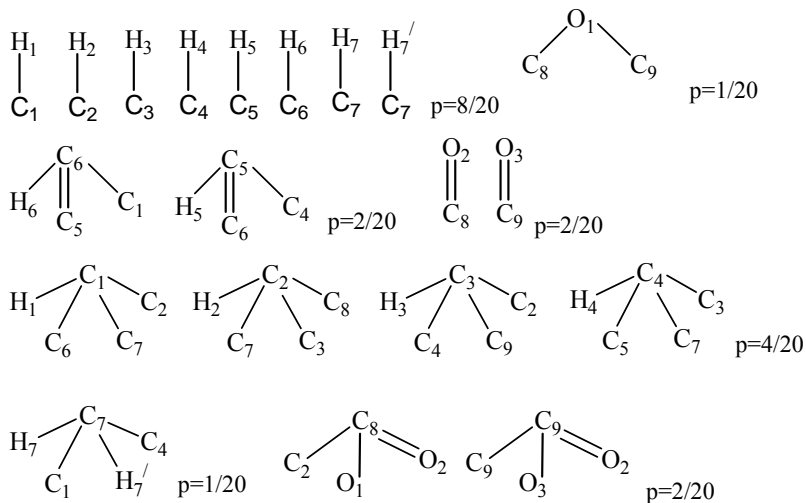
$$TIC_0 = 20 \cdot IC_0 = 20 \cdot 1,4577218 = 29,154436$$

$$SIC_0 = 1,4577218 / \log_2 20 = 1,4577218 / 4,321928 = 0,337285.$$

$$BIC_0 = 1,4577218 / \log_2 25 = 1,4577218 / 4,643856 = 0,313903$$

$$CIC_0 = \log_2 20 - IC_0 = 4,321928 - 1,4577218 = 2,8642062$$

Первый порядок k=1:



$$IC_1 = 2,4219285$$

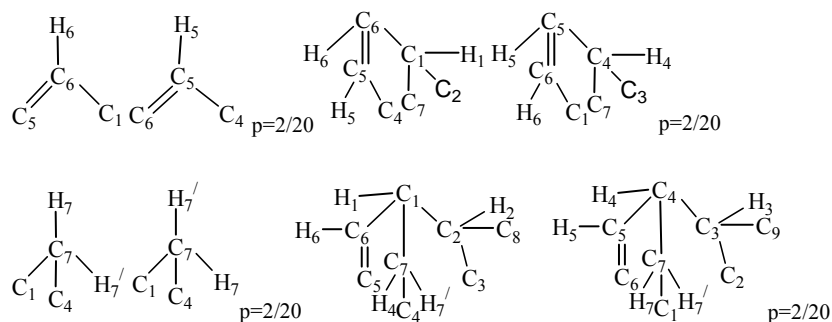
$$TIC_1 = 20 \cdot IC_1 = 20 \cdot 2,4219285 = 48,43857$$

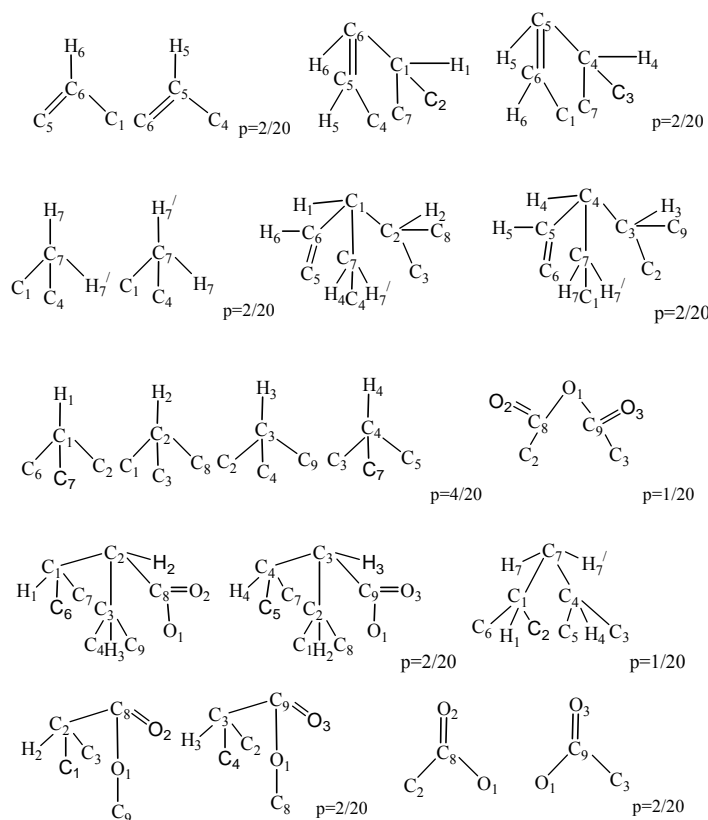
$$SIC_1 = 2,4219285 / \log_2 20 = 2,4219285 / 4,321928 = 0,5597698$$

$$BIC_1 = 2,4219285 / \log_2 25 = 2,4219285 / 4,643856 = 0,520965$$

$$CIC_1 = \log_2 20 - 2,4219285 = 4,321928 - 2,4219285 = 1,902643$$

Второй порядок k=2:





$$\begin{aligned}
 IC_2 &= 3,221889 \\
 TIC_2 &= 64,43778 \\
 SIC_2 &= 0,7454749 \\
 VIC_2 &= 0,6937941 \\
 CIC_2 &= 1,100039
 \end{aligned}$$

В таблице 1 приведены эквивалентные вершины, вероятности и рассчитанные значения  $IC_k$ ,  $TIC_k$ ,  $SIC_k$ ,  $VIC_k$  и  $CIC_k$  ( $k=0-2$ ) для ангидрида БГДК.

Важно отметить, что по мере увеличения порядка окрестности, разбиение возрастает. Так, например, разбиение на окрестности первого порядка сохраняет эквивалентность  $H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, H_6, H_7, H_7'$ , но приводит к отнесению  $C_5, C_6$ ;  $C_7$ ;  $C_8, C_9$  в иные классы эквивалентности.

Нами показана возможность применения метода симметрии окрестности при топологическом исследовании молекулы ангидрида БГДК и впервые рассчитаны топологические индексы информационного содержания графа, относительно окрестности  $k$ -го порядка ( $IC_k$ ), полного информационного содержания ( $TIC_k$ ), структурного информационного содержания ( $SIC_k$ ), информационного содержания связывания ( $VIC_k$ ) и комплементарного информационного содержания ( $CIC_k$ ) молекулы ангидрида БГДК.

Таблица 1

**Эвивалентные вершины, вероятности  
и значения  $IC_k$ ,  $TIC_k$ ,  $CIC_k$ ,  $SIC_k$  и  $BIC_k$  для ангидрида БГДК**

порядок	эквивалентные вершины	вероятность $p_i$	$IC_k$	$TIC_k$	$CIC_k$	$SIC_k$	$BIC_k$
нулевой	(H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub> ,H <sub>3</sub> ,H <sub>4</sub> , H <sub>5</sub> ,H <sub>6</sub> ,H <sub>7</sub> ,H <sub>7</sub> <sup>′</sup> )	8/20	1,4577218	29,154436	2,8642062	0,337285	0,313903
	(C <sub>1</sub> ,C <sub>2</sub> ,C <sub>3</sub> ,C <sub>4</sub> ,C <sub>5</sub> , C <sub>6</sub> ,C <sub>7</sub> ,C <sub>8</sub> ,C <sub>9</sub> )	9/20					
	(O <sub>1</sub> ,O <sub>2</sub> ,O <sub>3</sub> )	3/20					
первый	(H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub> ,H <sub>3</sub> ,H <sub>4</sub> , H <sub>5</sub> ,H <sub>6</sub> ,H <sub>7</sub> ,H <sub>7</sub> <sup>′</sup> )	8/20	2,4219285	48,43857	1,902643	0,5597698	0,520965
	(C <sub>5</sub> , C <sub>6</sub> )	2/20					
	(C <sub>1</sub> ,C <sub>2</sub> ,C <sub>3</sub> ,C <sub>4</sub> )	4/20					
	(C <sub>7</sub> )	1/20					
	(C <sub>8</sub> ,C <sub>9</sub> )	2/20					
	(O <sub>2</sub> ,O <sub>3</sub> )	2/20					
	(O <sub>1</sub> )	1/20					
второй	(H <sub>5</sub> ,H <sub>6</sub> )	2/20	3,221889	64,43778	1,100039	0,7454749	0,6937941
	(H <sub>7</sub> ,H <sub>7</sub> <sup>′</sup> )	2/20					
	(H <sub>1</sub> ,H <sub>2</sub> ,H <sub>3</sub> , H <sub>4</sub> )	4/20					
	(C <sub>5</sub> , C <sub>6</sub> )	2/20					
	(C <sub>1</sub> , C <sub>4</sub> )	2/20					
	(C <sub>2</sub> ,C <sub>3</sub> )	2/20					
	(C <sub>8</sub> ,C <sub>9</sub> )	2/20					
	(C <sub>7</sub> )	1/20					
	(O <sub>1</sub> )	1/20					
	(O <sub>2</sub> ,O <sub>3</sub> )	2/20					

Исходя из известных в литературе фактов, подтверждающих возможность корреляции индексов симметрии с физико-химическими свойствами некоторых соединений [2,4,5], можно допустить, что существует корреляция между индексами симметрии и физико-химическими свойствами для соединений норборнового ряда.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Рувре Д. Химические приложения топологии и теории графов / Под ред. Кинга Р. М.: Мир, 1987. С.259.
2. Магнусон В., Харрис Д., Бейсак С. Химические приложения топологии и теории графов / Под ред. Кинга Р. М.: Мир, 1987. С.206.
3. Станкевич М.И., Станкевич И.В., Зефиоров Н.С. // Успехи химии. 1988. Т.57.№3. С.337.

4. Курбатова С.В., Финкельштейн Е.Е., Колосова Е.А. и др. // Журн.структ. химии. 2004. Т.45.№1. С.150.
5. Урядов В.Г., Аристова Н.В., Офицеров Е.Н. // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские Сообщения.2002. №11.7.С.7.
6. Попова О.В. // Информатика. Красноярский ин-т экономики Санкт-Петербургской акад. упр. и экономики. 2007. С.186.
7. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. / М.: Изд. ин. лит,1963.С. 243
8. Мусаева Н.Ф., Салахов М.С., Салахова Р.С. и др. // Реакц. способн. соед. 1979.Т.16. Вып.3. С.398.
9. Мусаева Н.Ф., Салахов М.С., Мамедова О.М. и др. // ДАН Азерб. ССР. 1980. №6. С.47.
10. Салахов М.С., Мусаева Н.Ф., Пулатова Ш.М. и др. Сумгаит,1982. 8с. Деп. в ВИНТИ 02.02.1983.№770-83.
11. Салахов М.С., Багманова М.И. // ЖОрХ.2002..Т.38. Вып.2.С.265.
12. Багманова М.И., Багманов Б.Т., Умаева В.С. // Тезисы докл.конф. «Тонкий органический синтез и катализ» // Баку. 1999. С.47

**BİTSİKLO [2.2.1]-HEPT-5-EN-2,3-DİKARBON TURŞUSU ANHİDRİDİ  
MOLEKULUNUN ƏHATƏ SİMMETRİYASININ TOPOLOJİ  
İNDEKSLƏRİNİN HESABLANMASI**

**M.S.SALAKHOV, A.M.MƏHƏRRƏMOV, B.T.BAĞMANOV, O.T.QREÇKİNA**

**XÜLASƏ**

Bitsiklo [2.2.1]-hept-5-en-2,3-dikarbon turşusu anhidridi molekulu üçün ilk dəfə olaraq  $\kappa$ -tərtibdən nisbi qrafının məlumat tərkibinin topoloji indeksləri ( $\dot{I}C_{\kappa}$ ), tam məlumat tərkibi ( $TIC_{\kappa}$ ), əlaqələnmə məlumat tərkibi ( $B \dot{I}C_{\kappa}$ ) və komplementar məlumat tərkibi ( $C \dot{I}C_{\kappa}$ ) hesablanmışdır.

**CALCULATION OF TOPOLOGICAL INDICES OF SYMMETRY  
OF ENVIRONMENT OF MOLECULE OF ANHYDRIDE OF BICYCLO  
[2.2.1]-HEPT-5-ENE-2,3-DICARBOXYLIC ACID**

**M.S.SALAKHOV, A.M.MAGERRAMOV, B.T.BAGMANOV, O.T.GRECHKINA**

**SUMMARY**

The topological indices of information content of count relatively environment of order ( $IC_{\kappa}$ ), complete information content ( $TIC_{\kappa}$ ), structural information content ( $SIC_{\kappa}$ ), information content of binding ( $BIC_{\kappa}$ ) and complementary information content ( $CIC_{\kappa}$ ) for molecule of anhydride of bicyclo [2.2.1]-hept-5-ene-2,3-dicarboxylic acid have been firstly calculated.