

М.С. Федоров, Н.И. Гиричева, С.Н. Иванов, Г.В. Гиричев\*

## МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ИСПАРЕНИЯ МЕТИЛОВЫХ ЭФИРОВ И ГИДРАЗИДОВ БЕНЗОЛ- И НИТРОБЕНЗОЛСУЛЬФОКИСЛОТ

(\*Ивановский государственный химико-технологический университет,  
Ивановский государственный университет)  
e-mail: n.i.giricheva@mail.ru

*Масс-спектрометрическим методом установлено, что насыщенные пары метиловых эфиров 2-нитро- и 4-нитробензолсульфокислоты состоят из соответствующих мономерных молекулярных форм и являются термически стабильными при нагревании в вакууме до температур 380 и 376 К соответственно. Предложены схемы процессов фрагментации молекул при электронной ионизации. Гидразид бензолсульфокислоты и ее 4-нитрозамещенный гидразид при нагревании разлагаются. Введение электроноакцепторного заместителя NO<sub>2</sub> приводит к уменьшению термической устойчивости гидразида.*

**Ключевые слова:** масс-спектр, нитрозамещенные метилового эфира бензолсульфокислоты, гидразид бензолсульфокислоты, гидразид 4-нитробензолсульфокислоты

Аренсульфоновые кислоты и их производные являются важными объектами промышленной химии. Метилвые эфиры сульфокислот применяются в качестве метилирующих агентов, в производстве лекарственных веществ, дисперсных и кубовых красителей [1, 2], а гидразиды используются как вспенивающие агенты в производстве полимеров [3, 4] и как антиоксиданты [5].

В настоящее время нами проводится комплексное исследование конформационных свойств, геометрического и электронного строения конформеров [6,7], состава насыщенных паров и термической устойчивости соединений замещенных производных бензолсульфокислоты (БСК) [8]. Все перечисленные сведения важны для развития структурной химии четырехкоординированного атома серы, а также для понимания закономерностей протекания многочисленных химических процессов с участием данных соединений [1, 5, 9, 10].

Среди различных замещенных БСК масс-спектрометрическим методом исследованы, в основном, алкилзамещенные бензолсульфокислоты [10]. Недавно этим методом изучены процессы испарения нитрозамещенных БСК [8].

В данной работе излагаются результаты масс-спектрометрического исследования процесса испарения метилового эфира 2-нитробензолсульфокислоты (2-МЭНБСК), метилового эфира 4-нитробензолсульфокислоты (4-МЭНБСК), гидразида бензолсульфокислоты (ГБСК) и гидразида 4-нитробензолсульфокислоты (4-ГНБСК). Рассмотрены процессы фрагментации молекул при электронной ионизации.

Использованные в работе соединения синтезировали из соответствующих промышленных

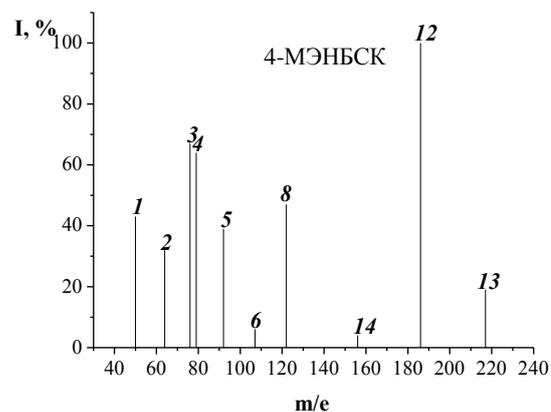
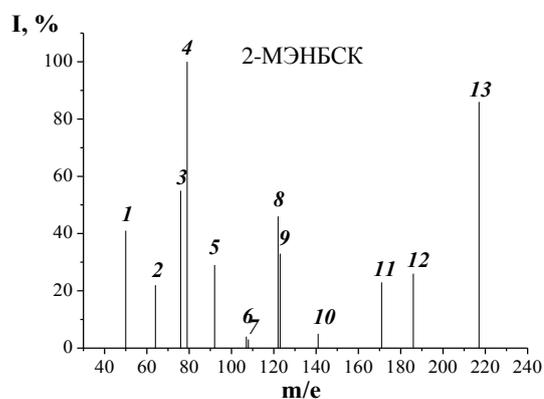


Рис. 1. Масс-спектры насыщенных паров для 2-МЭНБСК и 4-МЭНБСК ( $U_{\text{иониз}} = 50$  В). 1 -  $[\text{C}_4\text{H}_9]^+$ ; 2 -  $[\text{C}_3\text{H}_7]^+$ ; 3 -  $[\text{C}_6\text{H}_5]^+$ ; 4 -  $[\text{SO}_2\text{CH}_3]^+$ ; 5 -  $[\text{C}_6\text{H}_4\text{O}]^+$ ; 6 -  $[\text{C}_6\text{H}_4\text{OCH}_3]^+$ ; 7 -  $[\text{C}_6\text{H}_4\text{S}]^+$ ; 8 -  $[\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_4]^+$ ; 9 -  $[\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_5]^+$ ; 10 -  $[\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{H}]^+$ ; 11 -  $[\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{CH}_3]^+$ ; 12 -  $[\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2]^+$ ; 13 -  $[\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{CH}_3]^+$ ; 14 -  $[\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3]^+$

Fig. 1. Mass spectra of investigated 2-NBSAME, 4-NBSAME vapors ( $U_{\text{ion}} = 50$  V)

образцов замещенных сульфохлоридов: метиловый эфиры – путем взаимодействия с метиловым

спиртом по методике [3], а гидразиды – взаимодействием с гидразин-гидратом [11]. Исходные сульфохлориды предварительно очищали до температур плавления, приведенных в [3]. Полученные соединения характеризовались по температурам плавления: 2-МЭНБСК (т.пл. 56-58°C, лит. 57-59°C [3]); 4-МЭНБСК (т.пл. 89-90°C, лит. 89-92°C [3]); ГБСК (т.пл. 103-104°C, лит. 105-106°C [11]); 4-ГНБСК (т.пл. 149-151°C, лит. 150-152°C [11]). Полученные соединения также идентифицировали по составу ионов, зарегистрированных в масс-спектрах.

#### МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ НИТРОЗАМЕЩЕННЫХ МЕТИЛОВЫХ ЭФИРОВ БЕНЗОЛСУЛЬФОКИСЛОТЫ

Съемки масс-спектров проводились на комплексе аппаратуры ЭМР-100/АПДМ-1 [12, 13]. Испарение препарата осуществлялось из эффузионной ячейки, выполненной из молибдена (отно-

шение площади поперечного сечения внутренней цилиндрической части эффузионной ячейки с препаратом к площади эффузионного отверстия составляло величину около 200). Ионизирующее напряжение равнялось 50 В.

Приведенные на рис. 1 масс-спектры насыщенных паров 2-МЭНБСК и 4-МЭНБСК соответствуют температурам 380 и 376 К соответственно. В численном виде масс-спектры даны в таблице.

Кроме относительных интенсивностей ионных токов в масс-спектрах двух эфиров, в таблице представлены масс-спектры незамещенного метилового эфира бензолсульфокислоты (МЭБСК) и 4-МЭНБСК, взятые из библиотеки SDBS [14]. Видно, что масс-спектры 4-МЭНБСК, полученные нами, количественно согласуются с литературными данными, что свидетельствует в пользу надежности данных, приводимых в настоящей статье.

Таблица

#### Масс-спектры паров МЭБСК, 2-МЭНБСК и 4-МЭНБСК ( $U_{\text{иониз}} = 50 \text{ В}$ )

Table. Mass spectra of vapor of benzenesulphonic acid methyl ester and its 2- and 4- nitrosubstituted BSAME, 2-NBSAME, 4-NBSAME ( $U_{\text{ион}} = 50 \text{ V}$ )

m/e а.е.м.	Формула иона	$I_{\text{отн.}}$ 2-МЭНБСК T=380 К	m/e а.е.м.	Формула иона	$I_{\text{отн.}}$ 4-МЭНБСК T=376 К	$I_{\text{отн.}}$ 4-МЭНБСК [13]	m/e а.е.м.	Формула иона	$I_{\text{отн.}}$ МЭБСК [13]
217	$\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{CH}_3^{+a)}$	19	217	$\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{CH}_3^{+a)}$	86	73			
186	$\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2^{+a)}$	100	186	$\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2^{+a)}$	26	24			
							172	$\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3\text{CH}_3^{+a)}$	28
			171	$\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{CH}_3^{+a)}$	23	23			
156	$\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3^+$	3							
			141	$\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{H}^+$	5	5	141	$\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_2^+$	30
			123	$\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_5^+$	33	21			
122	$\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_4^+$	47	122	$\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_4^+$	46	47			
			108	$\text{C}_6\text{H}_4\text{S}^+$	3	3	108	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OCH}_3^+$	9
107	$\text{C}_6\text{H}_4\text{OCH}_3^+$	6	107	$\text{C}_6\text{H}_4\text{OCH}_3^+$	4	3			
92	$\text{C}_6\text{H}_4\text{O}^+$	39	92	$\text{C}_6\text{H}_4\text{O}^+$	29	29			
79	$\text{SO}_2\text{CH}_3^{+b)}$	64	79	$\text{SO}_2\text{CH}_3^{+b)}$	100	100	79	$\text{SO}_2\text{CH}_3^{+b)}$	11
							78	$\text{C}_6\text{H}_6^+$	23
77	$\text{C}_6\text{H}_5^+$	67 <sup>b)</sup>	77	$\text{C}_6\text{H}_5^+$	55 <sup>b)</sup>	19	77	$\text{C}_6\text{H}_5^+$	100
76	$\text{C}_6\text{H}_4^+$		76	$\text{C}_6\text{H}_4^+$		36	76	$\text{C}_6\text{H}_4^+$	3
75	$\text{C}_6\text{H}_3^+$		75	$\text{C}_6\text{H}_3^+$		48			
74	$\text{C}_6\text{H}_2^+$		74	$\text{C}_6\text{H}_2^+$		14			
							65	$\text{C}_5\text{H}_5^+$	5
64	$\text{C}_5\text{H}_4^+$	32 <sup>b)</sup>	64	$\text{C}_5\text{H}_4^+$	22 <sup>b)</sup>	14			
63	$\text{C}_5\text{H}_3^+$		63	$\text{C}_5\text{H}_3^+$		14			
51	$\text{C}_4\text{H}_3^+$	43 <sup>b)</sup>	51	$\text{C}_4\text{H}_3^+$	41 <sup>b)</sup>	7	51	$\text{C}_4\text{H}_3^+$	28
50	$\text{C}_4\text{H}_2^+$		50	$\text{C}_4\text{H}_2^+$		41	50	$\text{C}_4\text{H}_2^+$	9

Примечание:  $I_{\text{отн.}}$  – относительная интенсивность ионных токов, %. <sup>a)</sup> Ионы, изотопный состав которых показывает наличие атома серы и шести или более атомов углерода. <sup>b)</sup> Ионы, изотопный состав которых показывает наличие атома серы. <sup>b)</sup> Интенсивность сложного пика, соответствующего данной группе ионов  
 Note:  $I_{\text{отн.}}$  – relative intensity of the ion currents, %. <sup>a)</sup> Isotopic composition of ions shows the existence of the sulfur atom and six or more carbon atoms. <sup>b)</sup> Ions the isotopic composition of which shows the presence of sulfur atom. <sup>b)</sup> Intensity of complex peak corresponding to given group of ions

На основании полученных масс-спектров можно предложить схемы фрагментации изученных эфиров при ионизации электронами.

Судя по относительной интенсивности ионных токов в масс-спектре 4-МЭНБСК, наиболее вероятными процессами, происходящими в молекулах под действием электронного удара, являются:

1) ионизация молекулы с образованием молекулярного иона; 2) процесс перегруппировки во фрагменте  $-\text{SO}_2\text{OCH}_3$  и отрыв от молекулы иона  $[\text{SO}_2\text{CH}_3]^+$ ; 3) отрыв группы  $-\text{SO}_2\text{OCH}_3$  и группы  $-\text{NO}_2$  от молекулы с образованием иона  $[\text{C}_6\text{H}_4]^+$ ; 4) отрыв группы  $-\text{SO}_2\text{OCH}_3$  с образованием иона  $[\text{C}_6\text{H}_5-\text{NO}_2]^+$ .

Для 2-МЭНБСК в литературе отсутствуют как сведения о процессе испарения, так и масс-спектрометрические данные о диссоциативной ионизации молекул. Вероятная схема фрагментации молекулы 2-МЭНБСК под действием электронного удара показана на рис. 2.

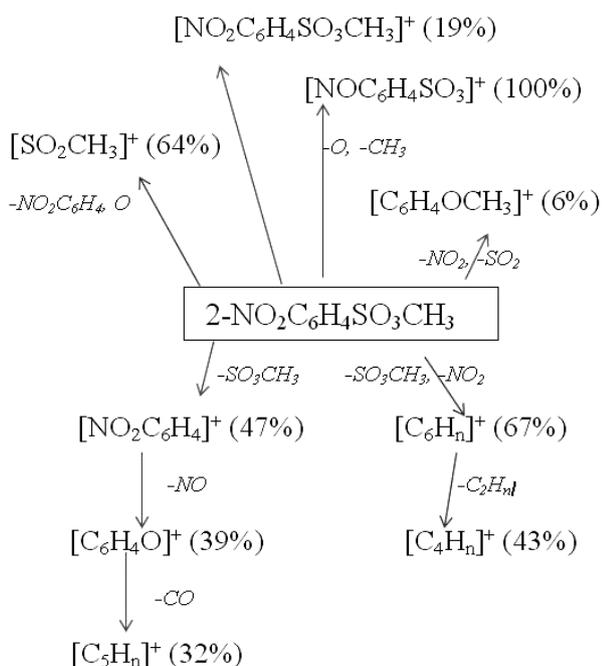


Рис. 2. Вероятная схема фрагментации молекулы 2-МЭНБСК под действием электронного удара (относительная интенсивность ионов дана при энергии ионизирующих электронов 50 эВ)

Fig. 2. The probable scheme of 2-NBSAME molecule fragmentation under electron impact (relative intensity of ions is given at ionizing electron energy of 50 eV)

При сопоставлении масс-спектров 4-МЭНБСК и 2-МЭНБСК отчетливо прослеживается влияние *орто*-эффекта заместителей [15] на интенсивность основных ионных токов.

В молекуле 2-МЭНБСК заместители испытывают сильное стерическое взаимодействие

(рис.3). По-видимому, вследствие этого при электронном ударе в молекулах *орто*-замещенных мала вероятность образования молекулярных ионов (рис.1). Из масс-спектра 2-МЭНБСК следует, что вследствие электронного удара наиболее вероятен отрыв от молекулы фрагмента  $\text{OCH}_3$  с образованием иона  $[\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2]^+$ . Напротив, в масс-спектре *пара*-замещенного 4-МЭНБСК наибольшую интенсивность имеет молекулярный ион, а интенсивность иона с величиной  $m/e=186$  а.е.м. уменьшается приблизительно в 4 раза. В то же время в масс-спектре 4-МЭНБСК велика вероятность диссоциативной ионизации молекулы, характеризующейся отрывом нитрогруппы или группы  $-\text{SO}_3\text{CH}_3$ , или нитрогруппы и фрагмента  $\text{CH}_3$ , или отрывом обоих заместителей с образованием иона  $[\text{C}_6\text{H}_4]^+$ .

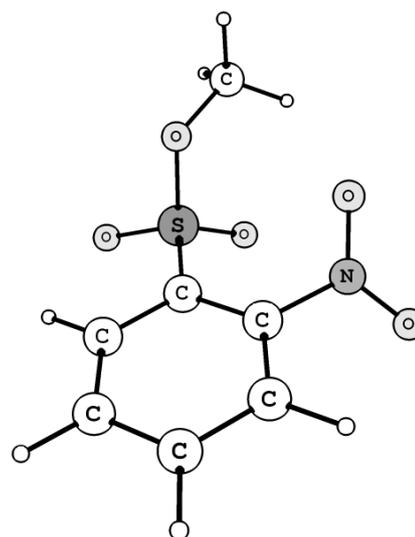


Рис. 3. Геометрическое строение наиболее устойчивого конформера молекулы 2-МЭНБСК

Fig. 3. The structure of most stable conformer of 2-NBSAME molecule

Таким образом, особенности масс-спектров 2-МЭНБСК и 4-МЭНБСК отражают отличия в геометрическом строении данных молекул.

Напротив, строение 4-МЭНБСК схоже со строением незамещенного метилового эфира (МЭБСК) и, как следствие, масс-спектры этих двух соединений имеют много общего. В масс-спектре 4-МЭНБСК, наряду с ионами, содержащими нитрогруппу, присутствуют те же ионы, что и в масс-спектре незамещенного эфира (таблица).

#### МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ И ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТИ ГБСК И 4-ГНБСК

Масс-спектры ГБСК получены в температурном интервале 80-109°C. Оказалось, что при медленном нагреве препарата относительные ин-

тенсивности основных ионных токов заметно меняются (рис. 4).

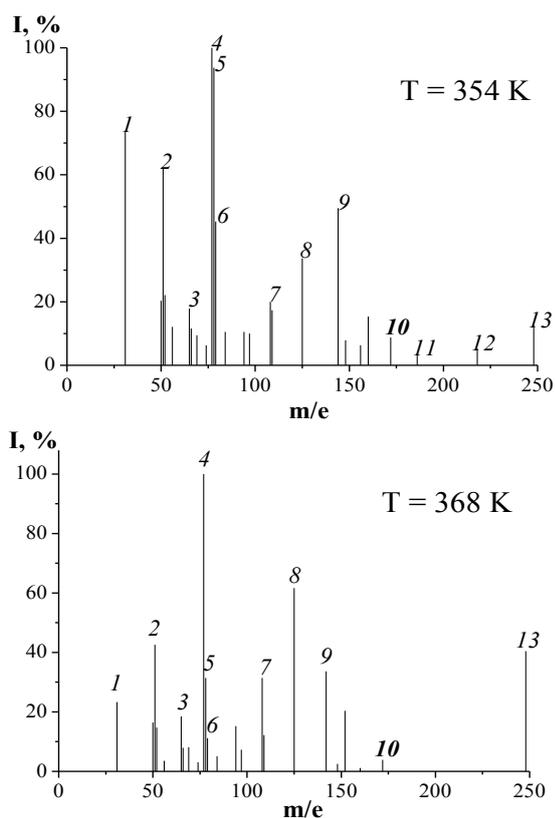


Рис. 4. Масс-спектры ГБСК при температурах 354 К и 368 К ( $U_{\text{иониз}} = 50\text{В}$ ): 1 -  $[\text{C}_4\text{H}_n]^+$ ; 2 -  $[\text{C}_5\text{H}_n]^+$ ; 3 -  $[\text{C}_6\text{H}_n]^+$ ; 4 -  $[\text{SO}_2\text{CH}_3]^+$ ; 5 -  $[\text{C}_6\text{H}_4\text{O}]^+$ ; 6 -  $[\text{C}_6\text{H}_4\text{OCH}_3]^+$ ; 7 -  $[\text{C}_6\text{H}_4\text{S}]^+$ ; 8 -  $[\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_4]^+$ ; 9 -  $[\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_5]^+$ ; 10 -  $[\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{H}]^+$ ; 11 -  $[\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{CH}_3]^+$ ; 12 -  $[\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2]^+$ ; 13 -  $[\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{CH}_3]^+$ ; 14 -  $[\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3]^+$

Fig. 4. Mass spectra of benzenesulphonic acid hydrazide at 354 K and 368 K (ionizing electron energy is 50 eV)

На начальной стадии нагрева ион с  $m/e=31$  ( $\text{NHNH}_2^+$ ) имеет интенсивность в несколько раз большую интенсивности остальных ионов. Затем его интенсивность уменьшается с ростом температуры и времени и становится сначала сопоставимой, а затем существенно меньшей интенсивности иона  $\text{C}_6\text{H}_5^+$ . Этот факт может свидетельствовать о разложении препарата уже на начальной стадии нагрева. Интересно отметить, что с увеличением температуры и продолжительности испарения препарата в масс-спектре появляются ионы с массой, превышающей молекулярную массу ГБСК (172 а.е.м.): ион  $\text{C}_6\text{H}_5\text{SSC}_6\text{H}_5^+$  (218 а.е.м.) и ион  $\text{C}_6\text{H}_5\text{SSO}_2\text{C}_6\text{H}_5^+$  (250 а.е.м.), причем относительная интенсивность последнего растет с ростом температуры.

Характер масс-спектров и тенденция их изменения с ростом температуры свидетельствуют о сложных процессах, протекающих в конден-

сированной фазе ГБСК при его нагревании и приводящих к частичному разложению препарата с выделением азота и синтезу новых соединений из продуктов разложения [4]. В результате газовая фаза представляет систему с изменяющимся сложным составом, содержащим несколько молекулярных форм.

При нагревании препарата 4-ГНБСК в эффузионной ячейке, начиная с 80 °С, выделялось большое количество  $\text{N}_2$ , при этом интенсивность других ионных токов с  $m/e>28$  была пренебрежимо мала. Длительное и медленное дальнейшее прогревание препарата привело к снижению интенсивности иона  $\text{N}_2^+$  и при  $T>115^\circ\text{C}$  азот прекратил выделяться. Дальнейшее увеличение температуры эффузионной ячейки показало, что начиная с  $\sim 250^\circ\text{C}$  в масс-спектре появляются ионы с  $m/e=44$  ( $\text{CO}_2^+$ ),  $64(\text{C}_5\text{H}_4^+)$  и  $76(\text{C}_6\text{H}_4^+)$ . Два последних иона имели малую интенсивность, которая продолжала снижаться при дальнейшем увеличении температуры вплоть до  $460^\circ\text{C}$ . В диапазоне температур  $250^\circ\text{C} - 450^\circ\text{C}$  в масс-спектрах не было зарегистрировано ионов с  $m/e>76$ . После эксперимента в ячейке остались следы обугленного плава.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ масс-спектров представителей нитрозамещенных метиловых эфиров бензолсульфокислоты показал отсутствие ионов с массой выше массы молекулярного иона. Масс-спектры свидетельствуют о том, что данные вещества переходят в газовую фазу конгруэнтно в виде мономерных молекул. Из сопоставления масс-спектров 2-МЭНБСК и 4-МЭНБСК установлен характер проявления орто-эффекта в нитрозамещенных метилового эфира бензолсульфоновой кислоты. Предложены схемы фрагментации эфиров при ионизации электронами.

ГБСК и 4-ГНБСК разлагаются при нагревании с выделением газа. Газовая фаза незамещенного гидразида представляет систему с изменяющимся сложным составом нескольких молекулярных форм, который зависит от температуры и времени. Введение электроноакцепторного заместителя  $\text{NO}_2$  (4-ГНБСК) приводит к уменьшению термической устойчивости гидразида и углублению процессов разложения препарата при нагревании.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 09-03-00796а).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Riemenschneider W., Bolt H.M.** Esters Organic. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Wiley-VCH. 2005.

2. Taylor G.E., Gosling M., Pearce A. // J. Chromatogr. 2006. A 1119. P. 231–237.
3. Сьютер Ч.М. Химия органических соединений серы. Ч. II. Ароматические сульфокислоты. Ч. III. Амиды сульфокислот и сульфоны. М.: Издатинлит. 1951. 675 с.; Suter Ch.M. The Organic Chemistry of Sulfur. Chapter II. Arensulfonic acids. Chapter III. Amides of sulfonic acids and sulfones. М.: Izdatinlit. 1951. P. 675 (in Russian).
4. Берлин А.А., Шутов Ф.А. Химия и технология газонаполненных высокополимеров. М.: Наука. 1980. 503 с.; Berlin A.A., Shutov F.A. Chemistry and technology of gas-filled high polymers. М.: Nauka. 1980. P. 503 (in Russian).
5. Поконова Ю.В., Страхов В.И. Новый справочник химика и технолога. Т. 3. Ч. 1: Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ. С.-Пб: АНО НПО «Мир и Семья». 2002. 980 с.; Pokonova Yu.V., Strakhov V.I. New reference book for chemist and technologist. V.3. Chapter 1: Crudes and products of organic and inorganic substances industry. S.-Pb: ANO NPO «Mir i Semya». 2002. P. 980 (in Russian).
6. Giricheva N.I., Medvedeva Yu.S., Girichev G.V., Petrov V.M., Bardina A.V., Ivanov S.N. // J. Structural Chemistry. 2011. 22. P. 373-383.
7. Petrov V.M., Girichev G.V., Oberhammer H., Giricheva N.I., Bardina A.V., Petrova V.N., Ivanov S.N. // J. Mol. Struct. 2010. P. 97-103.
8. Гиричева Н.И., Гиричев Г.В., Петров В.М., Иванов С.Н., Медведева Ю.С. // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2011. Т. 54. Вып. 12. С. 22-25;
9. Гнедин Б.Г., Чумаков М.В., Иванов С.Н., Карманова Т.В. // ЖОХ. 1984. Т. 20. Вып. 3. С. 557-562; Gnedin B.G., Chumakov M.V., Ivanov S.N., Karmanova T.V. // Zhurn. Org. Khim. 1984. V. 20. N 3. P. 557-562 (in Russian).
10. The Chemistry of Sulfonic Acids and their Derivatives. / Eds. S. Patai and Z. Rappoport. Chichester: Wiley. 1991. 1121 p.
11. Литвиненко Л.М., Дадали В.А., Савелова В.А., Кричевцева Т.И. // ЖОХ. 1964. Т. 64. С. 3730. Litvinenko L.M., Dadali V.A., Savelova V.A., Krichetvtseva T.I. // Zhurn. Obshch. Khim. 1964. V. 64. P. 3730 (in Russian).
12. Гиричев Г.В., Уткин А.Н., Ревичев Ю.Ф. // Приборы и техника эксперимента. 1984. Вып. 2. С. 187-190; Girichev G.V., Utkin A.N., Revichev Yu.F. // Prib. Tekh. Eksp. 1984. N 2. P. 187-190 (in Russian).
13. Гиричев Г.В., Шлыков С.А., Ревичев Ю.Ф. // Приборы и техника эксперимента. 1986. Вып. 4. С. 167–169; Girichev G.V.; Shlykov S.A.; Revichev Yu.F. // Prib. Tekh. Eksp. 1986. N 4. P. 167-169 (in Russian).
14. SDBSWeb: <http://riodb01.ibase.aist.go.jp/sdbs/> (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology).
15. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия в органической химии. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2003. 493 с.; Lebedev A.T. Mass-spectrometry in organic chemistry. М.: BINOM. Laboratoriya znaniy. 2003. 493 p. (in Russian).

НИИ Термодинамики и кинетики химических процессов,  
кафедра физики ИГХТУ,  
кафедра физической химии ИвГУ

УДК 541.49: (546.74 + 547.7)

А.И. Лыткин, В.Э. Литвиненко\*, О.Н. Крутова

## ОБРАЗОВАНИЕ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИОНОВ КАДМИЯ, ЦИНКА, НИКЕЛЯ И КОБАЛЬТА С ДИЭТИЛЕНТРИАМИН – $N, N', N'', N'''$ - ПЕНТАУКСУСНОЙ КИСЛОТОЙ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ

(Ивановский государственный химико-технологический университет,

\*Костромской государственный университет)

e-mail: alytk@mail.ru

*Методом потенциометрического титрования при температуре 298,15К и значениях ионной силы 0.2; 0.5; 1.0 (KNO<sub>3</sub>) определены состав и устойчивость координационных соединений ионов цинка, никеля и кобальта с диэтилентриамин- $N, N', N'', N'''$ -пентауксусной кислотой в водном растворе. Проведено сравнение полученных результатов с литературными. Установлено, что ионы  $Ni^{2+}$  образуют с диэтилентриамин- $N, N', N'', N'''$ -пентауксусной кислотой более прочные комплексы, чем ионы  $Zn^{2+}$ , что соответствует традиционному ряду Ирвинга-Уильямса.*

**Ключевые слова:** диэтилентриамин- $N, N', N'', N'''$ -пентауксусная кислота, константы устойчивости, координационные соединения, комплексон, растворы

Диэтилентриамин- $N, N', N'', N'''$ -пентауксусная кислота (ДТПА, Dtpa) потенциально восьмидентатный лиганд, благодаря чему обладает

высокой комплексообразующей способностью. Повышенная устойчивость комплексов ДТПА делает весьма перспективным применение этого