

УДК 543.544

Л. А. Онучак, А. И. Жосан, Ю. И. Арутюнов, М. В. Кошлец

**СОРБЦИОННЫЕ И СЕЛЕКТИВНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННОГО
ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ 4-Н-ОКТИЛОКСИ-
4'-ЦИАНОБИФЕНИЛА В УСЛОВИЯХ КАПИЛЛЯРНОЙ ГАЗОВОЙ
ХРОМАТОГРАФИИ**

**SORPTION AND SELECTIVITY PROPERTIES OF COMPOSITE LIQUID
CRYSTAL SORBENT BASED ON 4-N-OCTYLOXY-4'-CYANOBIPHENYL
IN CONDITIONS OF CAPILLARY GAS CHROMATOGRAPHY**

Самарский государственный университет, кафедра общей химии и хроматографии
443011 Самара, ул. Акад. Павлова, 1

Исследованы сорбционные и селективные свойства композиционного жидкокристаллического сорбента на основе ахирального смектико-нематического 8 ОЦБ, макроциклического хирального метилированного β -циклодекстрина и наночастиц диоксида кремния в условиях распределительной капиллярной газовой хроматографии. Показано, что исследованный сорбент является универсальным изомерселективным сорбентом, разделяющим в температурных областях мезофаз (S_A , N) структурные и оптические изомеры. Структурная селективность обусловлена жидкокристаллической матрицей сорбента, тогда как энантиоселективность – взаимодействием энантиомеров с макроциклической добавкой.

Sorption and selective properties of a composite liquid crystal sorbent on the basis of achiral smectic-nematic 8 OCB, macrocyclic chiral β -cyclodextrin with methyl groups and nanoparticles of silica in conditions of distributive capillary gas chromatography are investigated. It is shown, that the investigated sorbent is universal isomeraselective sorbent, dividing structural and optical isomeres in temperature mesophase areas (S_A , N). Structural selectivity is caused by a liquid crystal matrix of a sorbent, whereas enantioselectivity caused by interaction of enantiomeres with macrocyclic additive.

Ключевые слова: композиционные сорбенты, жидкий кристалл, β -циклодекстрин, наночастицы диоксида кремния, капиллярная газовая хроматография, изомерселективность, энантиоселективность.

Key words: composite sorbent, liquid crystal, β -cyclodextrin, nanoparticles of silica, capillary gas chromatography, isomeraselectivity, enantioselectivity.

Известно, что многие лекарственные препараты используют в форме рацематов, хотя разные энантиомеры могут проявлять полезные или вредные свойства. В США в 2001 году 36 % лекарств были энантиомерными [1], так как в этой стране разработаны не только методы стереоселективного синтеза, но приемы разделения и количествен-

ного определения отдельных изомеров. В России энантиомерный контроль ввозимых субстанций и готовых лекарственных форм не производится. В настоящее время коммерческие газохроматографические капиллярные колонки для хиральных разделений, как правило, изготавливают на основе химически модифицированных β -циклодекстринов и полисилоксанов [2]. Такие изотропные неподвижные фазы, обладая выраженной энантиоселективностью, плохо разделяют изомеры другого типа. Между тем высокоселективное разделение структурных и позиционных изомеров в газовой хроматографии (ГХ) происходит при использовании жидкокристаллических (ЖК) неподвижных фаз. В связи с этим актуальной задачей является разработка и исследование универсальных изомерселективных композиционных ЖК-сорбентов, содержащих добавки модифицированных β -циклодекстринов, и капиллярных газохроматографических колонок на их основе. Известно, что практическому использованию ЖК-сорбентов мешает их повышенная летучесть в условиях эксплуатации газохроматографических колонок. Внесение в композиционный сорбент добавки высокодисперсного адсорбента позволяет повысить термостабильность сорбента и уменьшить его давление насыщенного пара.

Цель настоящей работы – изучение сорбционных и селективных свойств композиционного сорбента на основе смектико-нематического 4-*n*-октилокси-4'-цианобифенила (8 ОЦБ), метилированного β -циклодекстрина (β -ЦД_{метил.}) и наночастиц диоксида кремния (аэросила) в условиях капиллярной газовой хроматографии.

Экспериментальная часть

Смектико-нематический 8 ОЦБ по данным производителя (*Sigma-Aldrich*) имел температуры фазовых переходов: С 54 S_A 67 N 78 I (°С). Термооптическим методом установлено, что при добавлении к 8 ОЦБ 8 % мас. β -ЦД_{метил.} (*Sigma-Aldrich*) температуры фазовых переходов уменьшаются на 1 – 3 °С: С 53 S_A 65 N 75 I (°С). Для повышения термостабильности сорбента в бинарную смесь (8ОЦБ + 8 % β -ЦД_{метил.}) добавляли 2 % мас. высокодисперсного диоксида кремния (аэросил А-175, $S_{уд} = 175 \text{ м}^2/\text{г}$, диаметр сферических частиц $d_p = 10 \text{ нм}$). Смесь, содержащую 90 % 8 ОЦБ, 8 % β -ЦД_{метил.} и 2 % (по массе) аэросила диспергировали в ацетоне с использованием ультразвука (20 кГц) для получения устойчивого золя. Полученным золем заполняли медный капилляр (10 м × 0,5 мм), предварительно обработанный щелочным и кислым растворами, а также водной суспензией стекла для повышения шероховатости внутренней поверхности капилляра. Заполнение капилляра золем (2,5 мл) осуществляли статическим методом [3]. Под действием давления насыщенного пара ацетона коллоидный раствор неподвижной фазы продавливался через капилляр при температуре 47 °С в течение двух часов. Затем вытесняли растворитель газообразным азотом, ступенчато повышая температуру от 60 до 100 °С. При этом на внутренней поверхности капилляра осаждался слой композиционного трехкомпонентного ЖК-сорбента, в котором наночастицы SiO₂ более или менее равномерно распределены в бинарной ЖК дисперсионной среде (8ОЦБ + β -ЦД_{метил.}).

Толщину слоя композиционного ЖК-сорбента d_f в полый капиллярной колонке определяли двумя расчетными методами, предполагая его равномерное распределение по длине колонки. В первом случае гравиметрическим методом определяли массу сорбента m_s , осажденного на внутренней поверхности капилляра. Толщину слоя сорбента рассчитывали по уравнению [4]:

$$d_f = \frac{m_s}{\pi \cdot d_c \cdot L \cdot \rho_s}, \quad (1)$$

где d_c , L – внутренний диаметр и длина капилляра, соответственно; ρ_s – плотность композиционного ЖК-сорбента ($\rho_s \approx 1 \text{ г/см}^3$) [5].

Толщина слоя сорбента, определенная по уравнению (1), составила $d_f = 4,86 \text{ мкм}$ при комнатной температуре.

Во втором методе оценку d_f производили на основании измеренной объемной скорости газа-носителя на выходе из колонки F_c ($\text{см}^3/\text{мин}$) при комнатной температуре до и после нанесения сорбента при постоянном давлении на входе в колонку. Так как

$$\frac{F_{c1}}{A_{c1}} = \frac{F_{c2}}{A_{c2}}, \quad (2)$$

где A_{c1} и A_{c2} – площади сечения колонки до и после нанесения сорбента, соответственно, то определив величину $A_{c,2} = \pi \cdot \left(\frac{d_{c,2}}{2} \right)^2$, толщину слоя можно оценить по разности диаметров свободного сечения колонки до и после нанесения слоя сорбента ($d_f = d_{c,1} - d_{c,2} = 4.70 \text{ мкм}$).

Расхождение в определении толщины пленки d_f между двумя независимыми методами сравнительно малы (3 %), что свидетельствует о достоверности полученных результатов.

Газохроматографический эксперимент проводили с использованием хроматографа «Цвет-100» с пламенно-ионизационным детектором, газ-носитель азот. Среднюю линейную скорость в колонке оценивали из соотношения $\bar{u} = L/t_M$ (где L – длина колонки, t_M – мертвое время). Мертвое время t_M определяли расчетным методом, используя экспериментально найденные времена удерживания пяти n -алканов [6].

Эффективность и разделительную способность изготовленной колонки оценивали на основании рассчитанных величин H (высота, эквивалентная теоретической тарелке) и TZ (число разделений). Установлено, что несмотря на невысокие значения эффективности колонки по отношению к сорбатам разных классов ($H = 1,7\text{--}10 \text{ мм}$), разделительная способность колонки достаточно высока вследствие ее высокой емкости. Число разделений TZ , показывающее количество пиков, которые могут регистрироваться между пиками последовательных гомологов [7], составило для различных пар n -алканов и n -алканолов 2 – 4.

Оценку «полярности» композиционного ЖК-сорбента в условиях ГХ производили по методу Роршнайдера [6]. Константы Роршнайдера x , y , z , u , s определяли известным методом, сопоставляя индексы удерживания стандартных сорбатов (бензол, этанол, метилэтилкетон, нитрометан, пиридин) на изготовленной колонке с литературными данными для колонки со скваланом при температуре $T_c = 100 \text{ }^\circ\text{C}$.

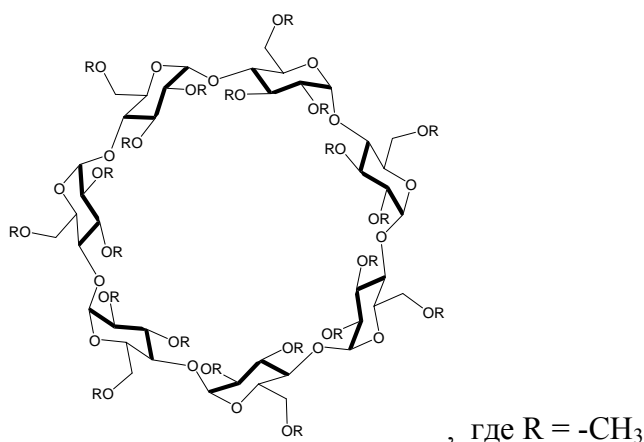
В качестве сорбатов использовали n -алканы, n -алканолы, изоспирты, арены, эфиры, кетоны, а также оптические изомеры камфена и лимонена (*Sigma-Aldrich*).

Для исследованных сорбатов в изотермических условиях рассчитывали фактор удерживания (емкость) $k = \frac{t'_R}{t_M}$ (t'_R – приведенное время удерживания), логарифмиче-

ский индекс удерживания (Ковача) I , фактор разделения структурных и оптических изомеров $\alpha_{1/2} = \frac{t'_{R,1}}{t'_{R,2}}$.

Обсуждение результатов

В качестве матричного компонента в композиционном сорбенте использован смектико-нематический жидкий кристалл 4-*n*-октилокси-4'-цианобифенил (8 ОЦБ), хроматографические свойства которого изучены с применением наполненных колонок [8, 9]. Этот полярный ЖК проявил хорошую селективность при разделении полярных сорбатов, в том числе изомерных спиртов. Хиральный макроциклический *гентакис*(2,3,6 – три-*o*-метил –) – β -циклодекстрин (диаметр полости $\sim 8 \text{ \AA}$) представляет собой циклический олигосахарид с семью остатками *D*-глюкозы.



В трехкомпонентном композиционном сорбенте β -ЦД_{метил} выполняет роль хирального селектора, который призван распознавать пространственную конфигурацию двух оптических изомеров, тогда как наночастицы SiO₂ ($d_p = 10 \text{ нм}$), на поверхности которых адсорбируются молекулы смешанной дисперсионной среды, уменьшают летучесть сорбента в условиях газохроматографического эксперимента [10]. Удерживание сорбатов на колонке с композиционным сорбентом обусловлено не только растворением в смешанной дисперсионной среде, но и конкурентной адсорбцией на поверхности частиц SiO₂. Так как концентрация частиц мала (2 % мас.), то вклад растворения в общее удерживание является превалирующим, а следовательно изготовленная колонка работает в условиях распределительной газо-жидкостной хроматографии и относится к капиллярным колонкам типа WCOT (*Wall Coated Open Tubular*).

В табл. 1 представлены константы Роршнайдера x , y , z , u , s , определенные для изготовленной колонки при 100 °С (изотропная фаза бинарной дисперсионной среды). В этой же таблице для сравнения приведены аналогичные константы для наполненной колонки с «чистым» 8 ОЦБ. Анализ представленных в этой таблице данных показывает, что композиционный сорбент в капиллярной колонке более полярен, чем сорбент на основе «чистого» 8 ОЦБ, вследствие присутствия в нем полярных добавок β -ЦД_{метил} и SiO₂. Об этом свидетельствуют повышенные значения констант y (стандарт – этанол), z (метилэтилкетон), u (нитрометан) и s (пиридин).

Таблица 1

Константы Роршнайдера для капиллярной и наполненной колонок на основе 8 ОЦБ (100 °С)

Константы Роршнай- дера	Капиллярная колонка $WCOT/(8 \text{ ОЦБ} + \beta\text{-ЦД}_{\text{метил.}} + \text{SiO}_2)$	Наполненная колонка с 8 ОЦБ [8]
x (бензол)	1,29	1,37
y (этанол)	2,54	2,21
z (метилэтилкетон)	2,25	2,16
u (нитрометан)	3,38	3,30
s (пиридин)	3,1	2,35

Пониженное (по сравнению с колонкой с «чистым» 8 ОЦБ) удерживание бензола (x), очевидно обусловлено уменьшением в композиционном сорбенте доли 8 ОЦБ, молекулы которого способны к проявлению π - π взаимодействий с молекулами бензола.

На рис. 1 представлены температурные зависимости фактора удерживания k некоторых сорбатов, определенные в температурном интервале 50 – 100 °С.

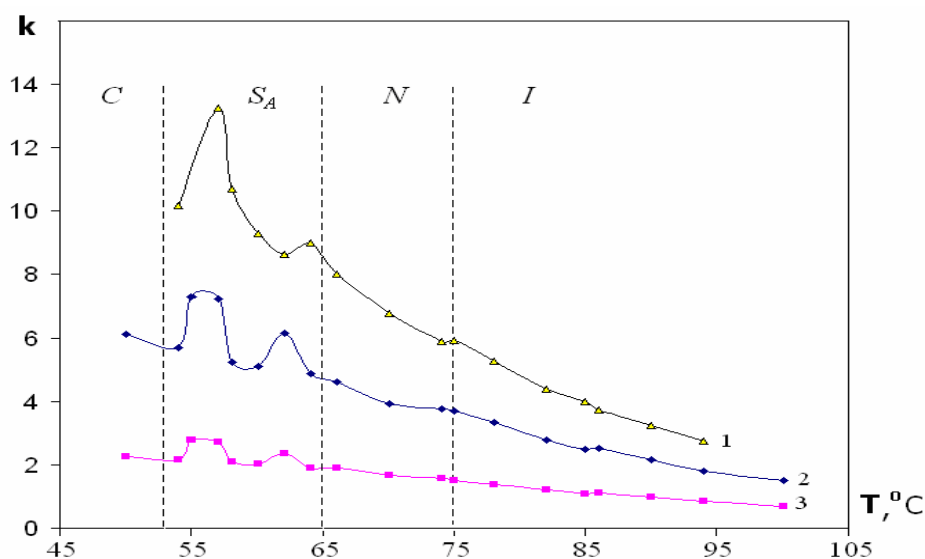


Рис. 1. Температурные зависимости фактора удерживания k на колонке $WCOT/(8 \text{ ОЦБ} + \beta\text{-ЦД}_{\text{метил.}} + \text{SiO}_2)$:

1 – гексанол-1, 2 – декан, 3 – нонан (вертикальные пунктирные линии соответствуют температурам фазовых переходов бинарного сорбента 8ОЦБ + 8 % β -ЦД_{метил.})

Сложный характер зависимости $k(T)$ обусловлен фазовыми переходами в композиционном сорбенте, а несовпадение максимумов с точками фазовых переходов $C \leftrightarrow S_A$ и $S_A \leftrightarrow N$ для дисперсионной среды, по-видимому, обусловлено присутствием наноча-

стиц SiO₂ и вязкостными эффектами. Обращают на себя внимание высокие значения фактора удерживания k сорбатов, обусловленные большой толщиной слоя сорбента ($d_f = 4,8$ мкм) и присутствием в нем частиц аэросила и макроциклической добавки.

Значения k сорбатов увеличиваются с ростом молекулярной массы гомологов M_r и, соответственно, их температур кипения T_c (табл. 2).

Таблица 2

Молекулярные массы, температуры кипения и дипольные моменты молекул сорбатов и их характеристики удерживания (колонка $WCOT/(8 \text{ ОЦБ} + \beta\text{-ЦД}_{\text{метил.}} + SiO_2)$)

№	Сорбат	M_r	T_c , °C	μ, D [11]	$T_c = 64$ °C (S _A ↔N)		$T_c = 75$ °C (N ↔ I)		$T_c = 85$ °C (I)	
					k	I	k	I	k	I
1	<i>n</i> -Гексан	86,10	68,7	0	0,11	600	0,09	600	0,07	600
2	<i>n</i> -Гептан	100,10	98,4	0	0,29	700	0,64	700	0,19	700
3	<i>n</i> -Октан	114,00	125,7	0	0,76	800	1,54	800	0,48	800
4	<i>n</i> -Нонан	128,00	150,8	0	1,90	900	3,77	900	1,10	900
5	<i>n</i> -Декан	142,10	174,1	0	4,87	1000	6,03	1000	2,57	1000
6	Метанол	32,04	64,5	1,66	0,17	645	0,10	603	0,06	532
7	Этанол	46,07	78,4	1,68	0,23	673	0,16	653	0,15	678
8	Пропанол-1	60,09	97,2	1,66	0,51	758	0,38	743	0,32	759
9	Бутанол-1	74,12	117,3	1,68	1,37	864	1,00	851	0,77	857
10	Пентанол-1	88,15	138,0	1,80	3,35	960	2,61	958	1,82	959
11	Гексанол-1	102,18	157,5	1,80	9,00	1064	6,03	1050	4,11	1049
12	Пропанол-2	60,09	82,4	1,68	0,27	693	0,19	671	0,13	663
13	2-Метил-пропанол-1	74,12	108,4	1,79	0,88	816	0,50	773	0,44	770
14	3-Метил-бутанол-1	88,15	132,0	1,82	2,33	922	1,65	907	1,16	907
16	Метилацетат	74,08	57,1	1,75	0,20	663	0,17	658	0,11	643
17	Этилацетат	88,10	77,2	1,81	0,42	737	0,32	724	0,21	706
18	<i>Изо</i> -Пропилацетат	102,14	89,0	1,86	0,47	749	0,43	755	0,29	735
19	Бутилацетат	116,16	126,5	1,84	2,12	912	1,66	908	1,16	906
15	Диэтиловый эфир	74,12	35,6	1,15	0,09	576	0,11	611	0,06	537
20	Бензол	78,12	80,1	0	0,66	786	0,49	771	0,36	752
21	Толуол	92,14	110,6	0,39	1,69	887	1,28	878	0,94	881
22	Этилбензол	106,17	136,2	0,35	3,22	956	2,44	951	1,81	959
23	<i>m</i> -Ксилол	106,17	139,1	0,37	3,86	975	3,16	980	2,29	986
24	<i>n</i> -Ксилол	106,17	138,4	0,00	4,05	980	3,21	982	2,29	986
25	<i>o</i> -Ксилол	106,17	144,4	0,62	5,46	1012	3,83	1049	2,85	1011
26	Пропанон-2 (ацетон)	58,08	56,2	2,72	0,19	656	0,18	662	0,12	657
27	Бутанон-2	72,10	79,6	2,75	0,62	778	0,43	757	0,29	733
28	Камфен (+) (C ₁₀ H ₁₆)	136,24	160	0,26 *	3,71	971	2,87	871	2,07	1078
29	Камфен (-)	136,24	160	0,26 *	4,37	989	3,27	886	2,27	1088
30	Лимонен (+) (C ₁₀ H ₁₆)	136,24	178	0,31 *	10,70	1082	7,62	1028	5,09	1068
31	Лимонен (-)	136,24	178	0,31 *	11,04	1085	7,72	1030	5,10	1069

Примечание: * величины рассчитаны с использованием программы *HyperChem*.

Индексы удерживания I сорбатов, принадлежащих к разным классам органических соединений, определенные при температурах фазовых переходов $S_A \leftrightarrow N$ (64 °C) и $N \leftrightarrow I$ (75 °C), а также в изотропной фазе сорбента (85 °C) представлены в табл. 2. Установлено, что для большинства сорбатов (кроме *m*- и *o*-ксилолов, изопропилацетата, диэтилового эфира и ацетона) выполняется неравенство: $I_{S_A \leftrightarrow N} > I_{N \leftrightarrow I}$. Так как интервал температур, при котором определялись указанные индексы невелик (11 °C), то есть основания полагать, что выполнение этого неравенства связано с особенностями проявления межмолекулярных взаимодействий между однородными и разнородными молекулами в композиционном сорбенте в зависимости от его фазового состояния. В слоистой структуре S_A фазы композиционного сорбента, образованной димеризованными молекулами 8 ОЦБ, взаимодействия «ЖК – макроцикл» ослаблены, что обуславливает увеличение вклада взаимодействий «сорбат – макроцикл» в общее удерживание. В N -фазе сорбента напротив, взаимодействия «ЖК – макроцикл» усиливаются, что является причиной снижения величины $I_{N \leftrightarrow I}$. При повышении температуры еще на 10 °C (85 °C, I изотропная фаза) тенденция к снижению индексов удерживания сохраняется для метанола, изомерных спиртов, эфиров, кетонов, бензола и полярного *o*-ксилола.

Механизм сорбции на смешанных изотропных циклодекстриновых фазах к настоящему времени остается не вполне изученным. Циклодекстрины – первые молекулы – рецепторы, для которых была обнаружена способность к образованию комплексов по типу «гость – хозяин» с органическими молекулами [12]. Так как полость β -ЦД_{метил} гидрофобна, а расположенные вне этой полости метокси-группы обеспечивают полярные взаимодействия с молекулами сорбатов, то возможность образования комплексов включения зависит не только от геометрических факторов (размер, форма молекул), но и от электронного строения молекул сорбата (наличия π -связей, дипольного момента и др.). Известно, что в смешанных изотропных системах большую роль имеет связывание молекул циклодекстринов с основным компонентом хроматографической системы. Очевидно, что в случае смешанного сорбента «ЖК – ЦД» этот эффект может быть ослаблен из-за структурных факторов. Поэтому наиболее интересные закономерности сорбции, обусловленные присутствием в ЖК-сорбенте макроциклической добавки, должны проявляться в мезофазах.

На рис. 2 представлены зависимости $\ln k$ от температуры кипения сорбатов T_b (64 °C, $S_A \leftrightarrow N$). Эти зависимости линейны (для гомологов), причем удерживание возрастает в ряду: алканы → алканола → эфиры → арены. Повышенное удерживание аренов типично для ЖК-сорбентов, молекулы которых содержат ароматические фрагменты. Из представленного рис. 2 видно, что уменьшение размера молекул сорбата приводит к «расхождению» линий на графике. Это свидетельствует о том, что повышенная селективность композиционного ЖК-сорбента для легкокипящих сорбатов, принадлежащих к разным гомологическим рядам, обусловлена комплексобразованием по механизму «гость – хозяин».

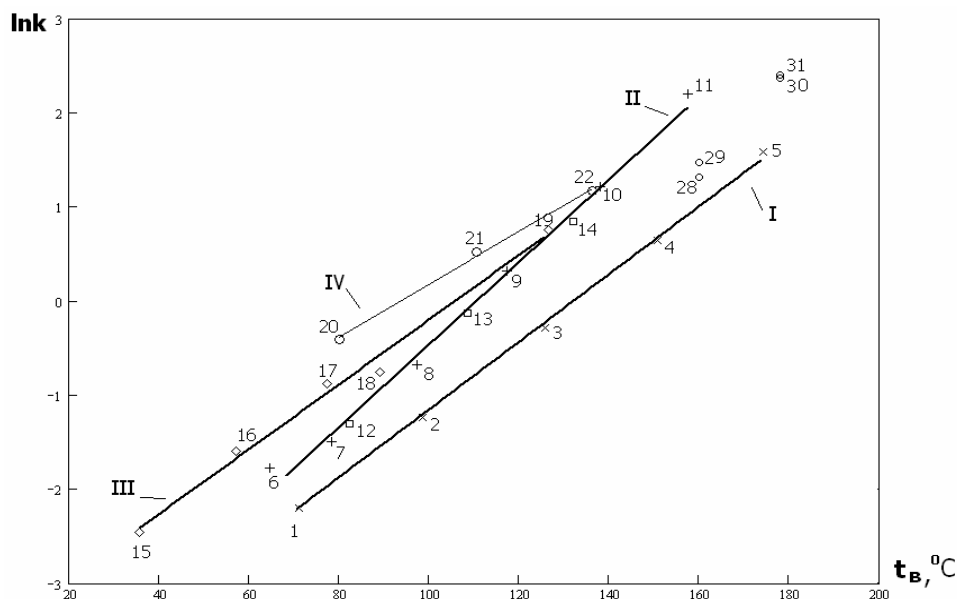


Рис. 2. Зависимости логарифма фактора удерживания $\ln k$ от температуры кипения T_b ; колонка $WCOT/(8 \text{ ОЦБ} + \beta\text{-ЦД}_{\text{метил.}} + SiO_2)$, 64°C , $\bar{u} = 27,7 \text{ см/с}$:
I – *n*-алканы; II – алканолы; III – эфиры; IV – арены; оптические изомеры – 28–31 (нумерация точек соответствует табл. 2)

Пара-, мета- селективность ($\alpha_{n-/m-}$) к разделению тестовых изомеров ксилола для исследуемой капиллярной колонки $WCOT/(8 \text{ ОЦБ} + \beta\text{-ЦД}_{\text{метил.}} + SiO_2)$ представлена в табл. 3.

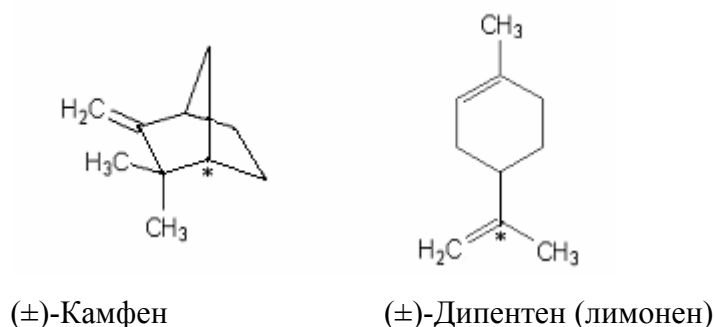
Таблица 3

Пара-, мета-селективность ($\alpha_{n-/m-}$) колонок при различных фазовых состояниях сорбентов на основе 8 ОЦБ

Колонка	$\alpha_{n-/m-}$			
	55 °C	64 °C	75 °C	85 °C
Капиллярная колонка $WCOT/(8 \text{ ОЦБ} + \beta\text{-ЦД}_{\text{метил.}} + SiO_2)$	1,095 (S_A)	1,051 ($S_A \leftrightarrow N$)	1,018 ($N \leftrightarrow I$)	1,001 (I)
Наполненная колонка с 8ОЦБ [8]	–	1,058 (S_A)	1,038 (N)	1,000 (I)

Из представленных в табл. 3 данных видно, что величина $\alpha_{n-/m-}$ для капиллярной колонки с композиционным сорбентом в S_A фазе сопоставима с аналогичной величиной для колонки с «чистым» 8 ОЦБ. Это подтверждает сделанное выше предположение о том, что присутствие макроциклической добавки слабо влияет на ориентационную упорядоченность смешанной S_A фазы. В смешанной нематической фазе значения $\alpha_{n-/m-}$ меньше, чем в аналогичной фазе «чистого» 8 ОЦБ.

В работе также исследовалось энантиоселективность изготовленной колонки по отношению к оптическим изомерам 2,2-диметил-3-метиленилбисцикло[2.2.1]гептана (камфена) и 4-изопронил-1-метилциклогексена (лимонена).



На рис. 3 и 4 приведены зависимости факторов удерживания k от температуры колонки для оптических изомеров камфена и лимонена, соответственно. Видно, что удерживание левовращающихся изомеров на колонке $WCOT/(8 \text{ ОЦБ} + \beta\text{-ЦД}_{\text{метил.}} + SiO_2)$ больше, чем правовращающихся. Максимальное значение энантиоселективности при разделении оптических изомеров камфена наблюдается в смектической фазе композиционного сорбента: $\alpha_{-/+} = 1,17$ (62 – 64 °С). В нематической фазе $\alpha_{-/+} = 1,153$ (66 °С) и в изотропной фазе постепенно уменьшается от $\alpha_{-/+} = 1,142$ (75 °С) до 1,074 (100 °С). Для изомеров лимонена максимальное значение наблюдается в смектической фазе $\alpha_{-/+} = 1,049$ (62 °С), в нематической фазе линии сходятся (рис. 4), и в изотропной максимальное значение $\alpha_{-/+} = 1,044$ (82 °С). Следовательно, исследуемая колонка $WCOT/(8 \text{ ОЦБ} + \beta\text{-ЦД}_{\text{метил.}} + SiO_2)$ обладает большей энантиоселективностью к изомерам камфена, чем к изомерам лимонена.

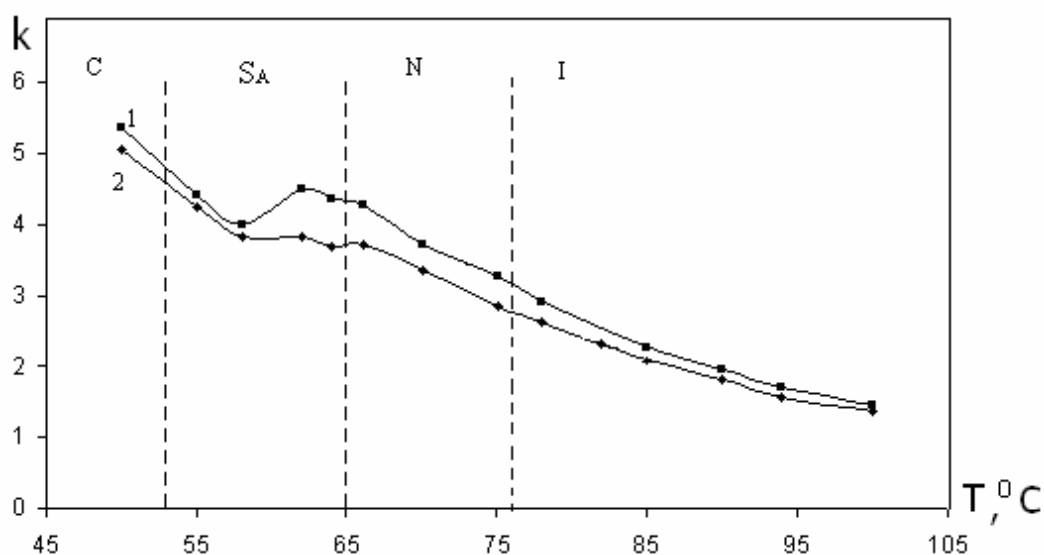


Рис. 3. Температурные зависимости фактора удерживания k на колонке $WCOT/(8 \text{ ОЦБ} + \beta\text{-ЦД}_{\text{метил.}} + SiO_2)$:
1 – камфен (-), 2 – камфен (+)

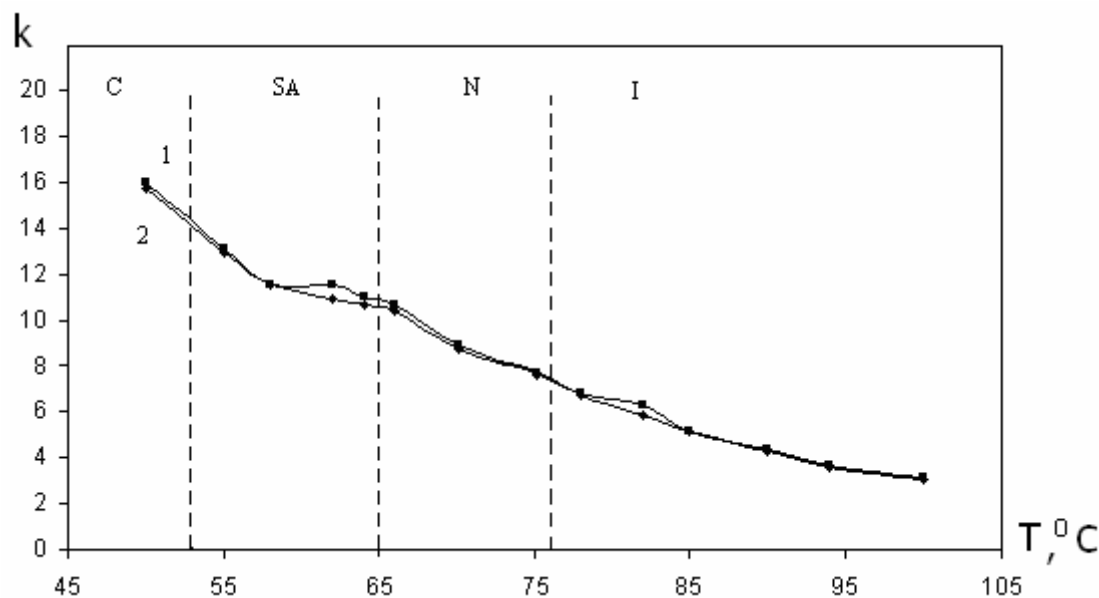


Рис. 4. Температурные зависимости фактора удерживания k на колонке $WCOT/(8 \text{ ОЦБ} + \beta\text{-ЦД}_{\text{метил.}} + \text{SiO}_2)$:
1 – лимонен (-), 2 – лимонен (+)

Таким образом, в работе впервые описаны принципы создания универсальных изомерселективных термостабильных сорбентов для газо-жидкостной хроматографии. Показано, что композиционный ЖК-сорбент на основе смектико-нематического 8 ОЦБ, макроциклического хирального $\beta\text{-ЦД}_{\text{метил.}}$ и наночастиц диоксида кремния в условиях капиллярной газовой хроматографии обладает хорошей селективностью к разделению *пара*- и *мета*- изомеров ксилола и высокой энантиоселективностью по отношению к оптически активным изомерам камфена и лимонена.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (р-офи) № 07-03-97618.

Список литературы

1. Золотов Ю. А. // Журн. аналит. химии. 2003. Т. 58. № 6. С. 565.
2. Шпигун О. А., Ананьева И. А., Буданова Н. Ю., Шаповалова Е. Н. // Успехи химии. 2003. Т. 72. № 12. С. 1167 – 1180.
3. Вигдергауз М. С., Кириш С. И., Федянин А. А., Соколов В. П. Авторское свидетельство SU 1081532. 1982. СССР. Бюллетень изобретений. 1984. № 11. С. 2.
4. Руденко Б. А., Руденко Г. И. Высокоэффективные хроматографические процессы. Газовая хроматография / Под ред. Б. К. Зуева. М.: Наука, 2003. Т. 1. 115 с.
5. Гребенкин М. Ф., Иващенко А. В. Жидкокристаллические материалы. М.: Химия, 1989. 180 с.
6. Гольберт К. А., Вигдергауз М. С. Введение в газовую хроматографию. М.: Химия, 1990. 352 с.
7. Колб Б. Газовая хроматография с примерами и иллюстрациями: Пер. с нем. С. Ю. Кудряшова / Под ред. Л. А. Онучак. Самара: Самарский университет, 2007. С. 32.

- ~~~~~
8. Степанова Р. Ф., Онучак Л. А. // Сорбционные и хроматографические процессы. 2003. Т. 3. № 5. С. 529 – 534.
 9. Price G. J., Shillcock I. M. // Journal of Chromatography A. 2002. № 964. P. 199 – 204.
 10. Вигдергауз М. С., Кири С. И., Карабанов Н. Т. Хроматография в системе газ-коллоид. Нижний Новгород, 1991. 151 с.
 11. Вайсбергер А., Проскауэр Э., Риддик Дж., Тупс Э. Органические растворители. Физические свойства и методы очистки: Пер. с англ. Н. Н. Тихомировой / Под ред. Я. М. Варшавского. М.: Иностранная литература, 1958. С. 244 – 248.
 12. Карцова Л. А., Маркова О. В. Молекулярное распознавание в хроматографии. Использование макроциклов в составе хроматографических фаз: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. С. 28.

Поступила в редакцию 2.09.2008 г.

Onuchak L.A., Zhosan A.I., Arutyunov Yu.I., Koshlec M.V.
 Samara State University, Samara,
 General Chemistry and Chromatography
 443011, Russia, Samara, Ac. Pavlov street, 1.

Сведения об авторах

ФИО	должность	адрес	телефон E-mail
Онучак Людмила Артемовна	СамГУ Зав. кафедрой общей химии и хро- матографии. Профессор, д.х.н	443111, г. Самара, ул. Фадеева, д. 46, кв. 84	(846)334-54-47 (раб.), (846)951-82-96 (дом.) onuchak@ssu.samara.ru
Арутюнов Юрий Иванович	СамГУ, кафедра общей химии и хро- матографии. Доцент, к.т.н.	443031, г. Самара, ул. Демократиче- ская, д. 20, кв. 105	(846)240-81-23 (дом.)
Жосан Анна Ивановна	СамГУ, кафедра общей химии и хро- матографии. Аспирант 3-го года обуч.	443122, г.Самара, ул. Московское шоссе, д.296, кв.9	(846)952-22-08 (дом.) zhosan-anna@yandex.ru
Кошлец Марьян Викторович	Выпускник СамГУ 2008 г.	443099 г. Самара, ул. Ал. Толстого, д. 22, кв.49	(846)332-92-04 (дом.) 453gru@mail.ru

ОТВЕТСТВЕННЫЙ ЗА ПЕРЕПИСКУ – Жосан А.И.