

УДК 544.2; 546.05; 543.05

## Хроматографическое разделение рацематов спиртов с использованием пористых координационных соединений цинка и ванадия(IV) с лактатом и $\beta$ -циклодекстрином

Ю. А. Сацкая<sup>1</sup>, Н. П. Комарова<sup>2</sup>, К. С. Гавриленко<sup>2,3</sup>,  
Р. А. Полунин<sup>1</sup>, О. В. Манойленко<sup>2</sup>, С. В. Колотилов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт физической химии им. Л. В. Писаржевского НАН Украины  
просп. Науки, 31, Киев 03028, Украина. E-mail: svk001@mail.ru

<sup>2</sup> ООО «Научно-производственное предприятие «Енамин»»  
ул. Александра Матросова, 23, Киев 01103, Украина. E-mail: kgavrio@mail.ru

<sup>3</sup> Научно-образовательный химико-биологический центр Киевского национального университета имени Тараса Шевченко  
ул. Красноквацкая, 61, Киев 02094, Украина

*Показано, что эффективность хроматографического разделения рацематов 2-бутанола, 2-гексанола, 3-гексанола и 1-фенилэтанола на колонках с координационными соединениями  $[Zn_2(bdc)(S-Lact)(DMF)]_n$  ( $bdc^{2-} = 1,4$ -бензолдикарбоксилат,  $S-Lact^- = (S)$ -лактат) и  $Na_7\{VO\}_7Na_7(H_2O)_7(\beta-CD)_2\}$  ( $\beta-CD = \beta$ -циклодекстрин) не зависит от размера молекулы спирта. Найдено, что при разделении рацемата 1-фенилэтанола с использованием  $[Zn_2(bdc)(S-Lact)(DMF)]_n$  значение энантиомерного избытка спирта изменяется антибатно вязкости растворителя.*

**Ключевые слова:** хиральные координационные полимеры, разделение рацематов, спирты, хроматография, влияние растворителя.

Разделение рацематов оптически активных органических веществ имеет большое значение для современной органической химии и фармацевтики, поскольку чистые оптические изомеры веществ разных классов часто проявляют принципиально разную биологическую активность и используются для создания лекарственных препаратов [1, 2]. Адсорбционное и хроматографическое разделение оптических изомеров достигается благодаря разнице в энергии адсорбции изомеров [3, 4]. Наличие в молекуле адсорбата двух и большего количества функциональных групп, способных к относительно высокоэнергетическим взаимодействиям адсорбат — адсорбент (диолы, фенилэтанол, его аналоги и др.), способствует повышению эффективности разделения [5]. Таким образом, сорбент, способный разделять изомеры бифункциональных хиральных органических соединений, может оказаться малоэффективным при разделении рацематов одноатомных спиртов или их производных [6, 7], и поиск сорбентов, способных разделять вещества с одной

функциональной группой около асимметрического центра, представляет актуальную и нетривиальную задачу. В то же время стоит отметить, что с использованием оптически активных координационных соединений удастся достичь адсорбционного разделения оптических изомеров 2-бутанола с высокой эффективностью [8—10]. Эти результаты могут рассматриваться как подтверждение перспективности исследований в этом направлении.

В последнее время хиральные координационные соединения, в частности пористые координационные полимеры (ПКП), рассматриваются как перспективный класс сорбентов и стационарных фаз для хроматографического разделения рацемических смесей [11—14]. Исследование факторов, влияющих на эффективность разделения оптических изомеров спиртов такими системами, представляет актуальную задачу.

Ранее показано, что использование ПКП  $[Zn_2(bdc)(S-Lact)(DMF)]_n$  ( $bdc^{2-} = 1,4$ -бензолдикарбоксилат,  $S-Lact^- = (S)$ -лактат) как стационарной фазы для хроматографического разделения рацемата

Таблица 1

Значения энантиомерных избытков (*ee*, %) оптических изомеров для растворов, полученных после хроматографического разделения рацематов спиртов на колонке, заполненной соединениями **1** и **2** (длина колонки 10 см)

Спирт	Соединение 1, мл		Соединение 2, мл			
	0—0,09	0,09—0,18	0—0,09	0,09—0,18	0,18—0,27	0,27—0,35
2-Бутанол	4,0 ( <i>S</i> ) <sup>a,б</sup>	4,4 ( <i>S</i> ) <sup>a,б</sup>	5,4 ( <i>S</i> ) <sup>a</sup>	4,7 ( <i>S</i> ) <sup>a</sup>	0,9 ( <i>S</i> ) <sup>a</sup>	0,8 ( <i>S</i> ) <sup>a</sup>
2-Гексанол	4,8	1,3	0,3	1,8	1,0	0,3
3-Гексанол	4,9	1,4	0,8	0,6	0,3	0,1
1-Фенилэтанол	6,8	3,4	0,1	0,1	0,1	0,1

<sup>a</sup> Изомер, преобладающий в выходящей из колонки смеси; <sup>б</sup> значения *ee* из работы [15].

2-бутанола позволяет достичь обогащения смеси (*S*)-изомером с энантиомерным избытком *ee* = 4,5 % при длине колонки 10 см ( $ee = 100 \% \cdot |c(R) - c(S)| / (c(R) + c(S))$ , где *c*(*R*) и *c*(*S*) — концентрации соответствующих изомеров) [15]. Цель настоящей работы заключается в установлении влияния строения спирта и природы растворителя на эффективность хроматографического разделения рацематов одноатомных спиртов хиральным ПКП  $[Zn_2(bdc)(S-Lact)(DMF)]_n$  (**1**) и комплексом  $Na_7\{(VO)_7Na_7(H_2O)_7(\beta-CD)_2\}$  (**2**;  $\beta$ -CD =  $\beta$ -циклодекстрин). Выбор ПКП **1** обусловлен тем, что это соединение показало относительно высокую эффективность в разделении рацемата 2-бутанола [15]. Принимая во внимание, что хиральные центры в **1** содержат фрагменты RR'CH–OH с гидроксильными группами, для сравнения исследовали комплекс **2**, содержащий в лиганде большое число хиральных фрагментов с гидроксильными группами. В состав  $\beta$ -CD входит 28 фрагментов RR'CH–OH с (*R*)-конфигурацией и 7 таких фрагментов с (*S*)-конфигурацией. Соединение **2** не является координационным полимером. Его строение может быть представлено как параллельные нанотрубки, образованные находящимися рядом циклическими фрагментами  $Na_7\{(VO)_7Na_7(H_2O)_7(\beta-CD)_2\}$  [16], размер полости составляет около 4 Å в гидратированном состоянии (по оценке в программе Mercury [17] для молекулы-зонда с  $r = 1,4$  Å в предположении, что кристаллическая решетка **2** не меняется при удалении некоординированных молекул воды).

Коммерчески доступные реактивы и растворители использовали без дополнительной очистки. Оптические изомеры 2-бутанола и 1-фенилэтанола («Acros Organics») содержали 99 % чистого изомера. КП **1** и **2** получены по методикам [18, 16]. Состав образцов подтвержден данными элементного анализа с ис-

пользованием анализатора «Carlo Erba 1106», а фазовая чистота — методом рентгенофазового анализа с использованием дифрактометра «Bruker D8 Advance» ( $CuK_{\alpha}$ -излучение,  $\lambda_{Cu} = 1,542$  нм).

В экспериментах по разделению рацематов спиртов (2-бутанола, 2-гексанола, 3-гексанола, 1-фенилэтанола) или растворов 1-фенилэтанола в органических растворителях с концентрацией 0,8 М использовали хроматографическую колонку диаметром 3 мм длиной 15 см. Колонку заполняли сорбентом на 10 см и доверху заливали чистым рацематом или раствором рацемата, выдерживали 30 мин, после чего, если не указано иное, отбирали отдельно пробы по 0,09 мл при разделении чистого рацемата и 0,2—0,3 мл при разделении раствора рацемата. Величину энантиомерного избытка (*ee*) определяли для каждой порции элюата, как описано ранее [15]. Перед анализом каждую порцию алифатического спирта, полученную после прохождения через колонку, модифицировали путем обработки фенилизоцианатом, как описано ранее [15], а 1-фенилэтанол анализировали без предварительной модификации.

Измерения адсорбции (*S*)-2-бутанола из газовой фазы проводили гравиметрически, как описано ранее [15]. Измерения проводили при 25 и 30 °С. Перед сорбционными измерениями образец **2** выдерживали в ацетоне в течение 5 сут (ацетон меняли раз в день), после чего активировали при 120 °С и  $10^{-2}$  торр. Образец  $\beta$ -CD активировали при 120 °С и  $10^{-2}$  торр без предварительного выдерживания в ацетоне.

Пропускание рацематов 2-бутанола, 2-гексанола, 3-гексанола и 1-фенилэтанола через колонки с **1** и **2** приводит к обогащению смесей одним из оптических изомеров (табл. 1). Максимальное значение *ee* найдено в первой или второй порции (по 0,09 мл) выходящего из колонки раствора, а в последующих порциях значение *ee* постепенно уменьшается. Ока-

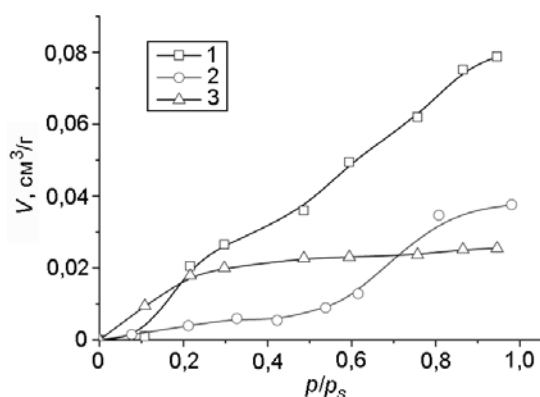


Рис. 1. Изотермы адсорбции (*S*)-2-бутанола соединениями **2** (1,  $T = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ; 2,  $T = 30\text{ }^\circ\text{C}$ ) и  $\beta$ -CD (3,  $T = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ).

залось, что ПКП **1** примерно одинаково эффективен при разделении оптических изомеров всех исследованных алифатических спиртов, однако эффективность разделения 1-фенилэтанола (по критерию максимального  $ee$ ) в 1,4—1,5 раза выше. Наоборот, разделение оптических изомеров 2-бутанола в случае **2** происходит существенно легче, чем разделение оптических изомеров других исследованных спиртов (табл. 1). Колонка, содержащая 0,45 г **2**, позволяет получить 0,07 г раствора 2-бутанола с энантиомерным избытком (*S*)-изомера  $5,4 \pm 1,5\%$  или 0,3 г раствора с  $ee$  около 3,0 %, что в пределах ошибки эксперимента близко к аналогичному показателю для **1** [15]. Таким образом, можно заключить, что длина углеводородной цепочки в спиртах мало влияет на эффективность разделения их оптических изомеров.

При пропускании рацемата 2-бутанола через колонку, наполненную  $\beta$ -CD, не наблюдается обогащения смеси одним из изомеров в отличие от эксперимента с **2**, что может быть связано с более высокой сорбционной емкостью координационного соединения **2** в отношении этого спирта по сравнению с  $\beta$ -CD. Так, **2** сорбирует из газовой фазы при  $25\text{ }^\circ\text{C}$  в 3 раза больше (*S*)-2-бутанола, чем  $\beta$ -CD в тех же условиях (рис. 1). Ранее показано, что комплекс меди(II) с  $\beta$ -CD предполагаемого состава  $\text{Cu}_2\text{O}(\text{OH})\{\beta\text{-CD-H}\}$  позволяет разделять оптические изомеры  $\alpha$ -циклогексилминдальной кислоты с большей эффективностью по сравнению с  $\beta$ -CD, что объяснялось большей энергией взаимодействия субстрата с  $\text{Cu}_2\text{O}(\text{OH})\{\beta\text{-CD-H}\}$  за счет вклада электростатических взаимодействий [11]. Отметим, что найденное нами различие в сорбционной емкости **2** и  $\beta$ -CD в отношении 2-бутанола может быть связано как с различной доступностью пор, так и с различной энергией взаимодействия 2-бутанола с сайтами адсорбции и предлагаемое нами объяснение не

Таблица 2

Значения  $ee$  для растворов 1-фенилэтанола в разных растворителях, прошедших через колонку длиной 10 см, заполненную **1**

Растворитель	$\varepsilon$	$\log \pi$	$\eta$ , мПа·с	$ee^*$ , %
1-Фенилэтанол	—	1,38	21,1	6,8
Ацетонитрил	38	-0,45	0,37	6,9
Тetraгидрофуран	26	0,16	0,48	5,1
Изопропиловый спирт	7,39	0,33	2,39	1,2
Бензол	2,27	2,2	0,60	8,6
Тетрахлорметан	2,23	2,86	0,91	4,7

\* Максимальное значение  $ee$ , как правило, наблюдалось в первой порции раствора, выходящего из колонки (0—0,2 мл).

противоречит выводам работы, сделанным для аналогичной системы [11].

Среди исследованных оптически активных спиртов наибольшее значение  $ee$  достигнуто при разделении рацемата 1-фенилэтанола ( $ee = 6,8\%$ ) на колонке, заполненной ПКП **1** (табл. 1). Такое отличие 1-фенилэтанола от алифатических спиртов может объясняться разными факторами (приводящими к увеличению разницы энергий связывания (*S*)- и (*R*)-изомеров в ПКП), среди которых можно отметить различие в геометрическом соответствии молекул спиртов и асимметрических центров в **1** и наличие в молекулах алифатических спиртов и 1-фенилэтанола разных функциональных групп. Можно предположить, что введение в молекулу спирта фенильной группы делает ее способной к  $\pi$ — $\pi$ -взаимодействию с ароматическими фрагментами хирального сорбента, которые, вероятно, приводят к повышению вклада «второго центра связывания» (дополнительно к образованию водородной связи с участием гидроксо-группы) в случае адсорбции 1-фенилэтанола в асимметрических порах ПКП.

Для определения влияния природы растворителя на эффективность разделения оптических изомеров проанализированы значения  $ee$  1-фенилэтанола для растворов, полученных после пропускания рацемата этого спирта через колонку, заполненную **1**. Выбор 1-фенилэтанола обусловлен тем, что эффективность разделения рацемата этого спирта была максимальной. Растворители выбирали так, чтобы их характеристики (значения диэлектрической проницае-

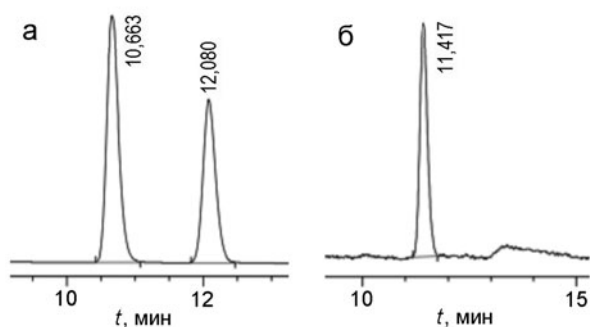


Рис. 2. Хроматограммы растворов (порции с максимальным  $ee$ ), полученных при пропускании рацемата 1-фенилэтанола через колонки с **1** длиной 10 см (а) и 150 см (б).

мости  $\epsilon$ , коэффициента липофильности  $\log \pi$ , определяемого по распределению незаряженных форм субстрата в смеси 1-октанола и воды [19], динамической вязкости  $\eta$  при 25 °С) варьировались в максимально широком диапазоне (табл. 2). На основании полученных результатов можно сделать вывод об отсутствии корреляции между значением  $ee$  как со значением диэлектрической проницаемости, так и с мерой липофильности растворителя. В то же время для растворов 1-фенилэтанола (в отличие от чистого вещества) можно отметить рост  $ee$  по мере снижения вязкости растворителя: максимальное значение  $ee$  найдено в случае использования раствора 1-фенилэтанола в бензоле, который характеризуется наименьшей вязкостью, а минимальное значение  $ee$  найдено в случае раствора в изопропанолe, который обладает наибольшей вязкостью. Это наблюдение может быть объяснено разной скоростью адсорбции молекул 1-фенилэтанола в ПКП, обусловленной разной скоростью диффузии молекул этого спирта к центрам адсорбции из раствора. Так, в соответствии с уравнением Стокса — Эйнштейна коэффициент диффузии  $D$  обратно пропорционален вязкости среды  $\eta$ , а скорость подхода 1-фенилэтанола к хиральным центрам сорбента зависит от его коэффициента диффузии. Можно предположить, что в условиях эксперимента значение  $ee$  в существенной мере зависит от того, насколько успевают установиться адсорбционное равновесие при пропускании рацемата через хроматографическую колонку. По-видимому, 30 мин выдерживания колонки с раствором рацемата в соответствующем растворителе недостаточно для достижения состояния равновесия, но система тем ближе к состоянию равновесия, чем ниже вязкость растворителя (и, как следствие, выше коэффициент диффузии хирального спирта). Помимо вязкости растворителя, значения  $ee$  также зависят от энергии взаимодействия такого растворителя с оптически активными центрами сорбента. Хиральные

молекулы, по-видимому, конкурируют с молекулами растворителя при заполнении центров адсорбции, и при повышении энергии связывания растворителя по сравнению с исследуемым хиральным веществом значения  $ee$  должны уменьшаться. Нелинейность наблюдаемой зависимости  $ee$  от вязкости растворителя, по-видимому, связана с большим вкладом других факторов в эффективность разделения энантиомеров, в первую очередь разницы энергии взаимодействия хирального спирта и растворителя с асимметрическими центрами сорбента.

Высокое значение  $ee$ , достигнутое при пропускании чистого 1-фенилэтанола (обладающего наибольшей вязкостью среди исследованных жидкостей), может объясняться высокой концентрацией рацемата в чистом веществе по сравнению с растворами.

Антибатность значений  $ee$  и вязкости растворителя, найденная в настоящей работе, не наблюдается в случае других исследований, опубликованных в литературе. Так, в работе [20] показано, что значения  $ee$  для разделения рацемата 1-фенилэтиламина хиральным ПКП зависят от природы растворителя и его температуры, однако проведенный нами анализ этих данных не показывает никакой связи между значениями  $ee$  и вязкостью растворителя (в частности, при проведении анализа системы при разной температуре рассматривались как системы с разной вязкостью). Отсутствие влияния вязкости на  $ee$  в работе [20] можно объяснить тем, что в данном случае в условиях эксперимента достигалось термодинамическое равновесие: авторы выдерживали ПКП в растворе в течение 2 ч и в отдельном эксперименте показали, что этого времени достаточно для завершения процесса адсорбции. В нашем случае разделение энантиомеров на хроматографической колонке происходит в условиях, далеких от равновесных, и скорость подхода адсорбата к поверхности ПКП играет большую роль. Это наблюдение согласуется с известной тенденцией к повышению эффективности хроматографического разделения веществ при уменьшении скорости потока [21, 22].

Увеличение длины хроматографической колонки, наполненной **1**, от 10 до 150 см привело к достижению полного разделения рацемата 1-фенилэтанола (рис. 2), что, по-видимому, связано с увеличением количества актов адсорбции-десорбции этого спирта на неподвижной фазе. Пропускание чистого рацемата 1-фенилэтанола через колонку длиной 150 см, наполненную образцом **1** массой 22 г, в порции 0,2—0,5 мл получен чистый изомер 1-фенилэтанола ( $ee$  близкий к 100 %). В последующих порциях значения  $ee$  постепенно уменьшаются (табл. 3). В первой порции продукт не удалось зафиксировать,



Таблица 3

Значения *ee*, полученные при разделении рацемата 1-фенилэтанола на колонке длиной 150 см, заполненной соединением **1**

Чистый 1-фенилэтанол		Раствор 1-фенилэтанола в бензоле	
Порции, мл	<i>ee</i> , %	Порции, мл	<i>ee</i> , %
0—0,2	Нет продукта*	0—2,5	25
0,2—0,5	100	2,5—5	13
0,5—1,0	88	—	—
1,0—3,5	21,5	—	—

\* Раствор содержит воду и небольшое количество ДМФ.

что обусловлено, по-видимому, вымыванием воды и ДМФ из состава **1**. Таким образом, колонка, содержащая 22 г **1**, позволяет получить 0,3 г чистого изомера 1-фенилэтанола. Однако при пропускании раствора 1-фенилэтанола в бензоле (1 мл 1-фенилэтанола в 9 мл бензола) через колонку такой же длины удалось достичь разделения с *ee* только 25 % (в первой порции от 0 до 0,25 мл; в экспериментах с чистым 1-фенилэтанолом и его раствором в бензоле для анализа собирали порции, содержащие примерно одинаковые количества этого спирта). Меньшее значение *ee* в случае использования раствора 1-фенилэтанола по сравнению с чистым веществом может объясняться, как в случае описанного выше эксперимента с колонками длиной 10 см, разной концентрацией 1-фенилэтанола.

Таким образом, эффективность хроматографического разделения рацематов алифатических спиртов 2-бутанола, 2-гексанола и 3-гексанола с использованием ПКП **1** не зависит от строения спирта, однако в случае 1-фенилэтанола, содержащего ароматическое ядро, значение *ee* спирта, которое достигается при хроматографическом разделении (обогащении) смеси, существенно растет, что может объясняться различием в эффективности многоцентровых взаимодействий адсорбат — адсорбент. Использование колонки длиной 150 см, наполненной **1**, позволяет достичь практически полного разделения 1-фенилэтанола на выходе из колонки. В случае соединения **2** достигается существенно лучшее разделение 2-бутанола по сравнению с другими исследованными в настоящей работе спиртами, что, вероятно, связано с различием в доступности хиральных центров в **2** для таких спиртов. Пропускание 2-бутанола через ко-

лонку с  $\beta$ -CD, в отличие от **2**, не приводит к разделению оптических изомеров, что может объясняться различием в сорбционной емкости этих веществ в отношении 2-бутанола (**2** сорбирует в 3 раза больше (*S*)-2-бутанола из газовой фазы по сравнению с  $\beta$ -CD). Эффективность хроматографического разделения (величина *ee*) рацемата 1-фенилэтанола на колонке, заполненной **1**, изменяется антибатно вязкости растворителя, что может быть связано с разной скоростью адсорбции/десорбции молекул спирта на ПКП.

### Литература

1. *Chiral drugs: Chemistry and biological action* / Ed. G.-Q. Lin, Q.-D. You, J.-F. Cheng. — Hoboken, NJ : Wiley and Sons, 2011.
2. *Машиковский М.* Лекарственные средства. — М. : Новая волна, 2014.
3. *Dybtsev D. N., Yutkin M. P., Samsonenko D. G. et al. // Chem. Eur. J.* — 2010. — **16**. — P. 10348—10356.
4. *Шнигун О. А., Ананьева И. А., Буданова Н. Ю., Шаповалова Е. Н. // Успехи химии.* — 2003. — **72**. — С. 1167—1189.
5. *Tanaka K., Hotta N., Nagase S., Yoza K. // New J. Chem.* — 2016. — **40**. — P. 4891—4894.
6. *Padmanaban M., Müller P., Lieder C. et al. // Chem. Commun.* — 2011. — **47**. — P. 12089—12091.
7. *Xie S.-M., Zhang Z.-J., Wang Z.-Y., Yuan L.-M. // J. Amer. Chem. Soc.* — 2011. — **133**. — P. 11892—11895.
8. *Li G., Yu W., Ni J. et al. // Angew. Chem. Int. Ed.* — 2008. — **47**. — P. 1245—1249.
9. *Xiong R.-G., You X.-Z., Abrahams B. F. et al. // Angew. Chem. Int. Ed.* — 2001. — **40**. — P. 4422—4425.
10. *Li P., He Y., Guang J. et al. // J. Amer. Chem. Soc.* — 2014. — **136**. — P. 547—549.
11. *Han C., Luo J., Xu J. et al. // J. Chromatogr. A.* — 2015. — **1375**. — P. 82—91.
12. *Van de Voorde B., Bueken B., Denayer J., De Vos D. // Chem. Soc. Rev.* — 2014. — **43**. — P. 5766—5788.
13. *Peluso P., Mamane V., Cossu S. // J. Chromatogr. A.* — 2014. — **1363**. — P. 11—26.
14. *Юткин М. П., Дыбцев Д. Н., Федин В. П. // Успехи химии.* — 2001. — **80**. — С. 1061—1086.
15. *Сацкая Ю. А., Комарова Н. П., Гавриленко К. С. и др. // Теорет. и эксперим. химия.* — 2015. — **51**, № 1. — С. 41—48. [Theor. Exp. Chem. — 2015. — **51**, N 1. — P. 45—53 (Engl. Transl.)].
16. *Hoshino N., Nakano M., Nojiri H. et al. // J. Amer. Chem. Soc.* — 2009. — **131**. — P. 15100—15101.
17. *Macrae C. F., Edgington P. R., McCabe P. et al. // J. Appl. Crystallogr.* — 2006. — **39**. — P. 453—457.
18. *Dybtsev D. N., Nuzhdin A. L., Chun H. et al. // Angew. Chem. Int. Ed.* — 2006. — **45**. — P. 916—920.
19. *Gocan S., Cimpan G., Comer J. // Advances in Chromatography* / Ed. E. Grushka, N. Grinberg. — Boca Raton, FL, USA : CRC press, 2005.

20. Peng Y., Gong T., Zhang K. et al. // Nature Commun. — 2014. — 5. — P. 4406.
21. Cyclobond handbook. — Advanced Separation Technologies Inc., USA, 1992.
22. Huang K., Dong X., Ren R., Jin W. // AIChE Journal. — 2013. — 59. — P. 4364—4372.

Поступила в редакцию 10 апреля 2017 г.  
В окончательном варианте 22 мая 2017 г.

## Хроматографічне розділення рацематів спиртів з використанням пористих координаційних сполук цинку та ванадію(IV) з лактатом та β-циклодекстрином

Ю. А. Сацька<sup>1</sup>, Н. П. Комарова<sup>2</sup>, К. С. Гавриленко<sup>2,3</sup>, Р. А. Полунін<sup>1</sup>, О. В. Манойленко<sup>2</sup>, С. В. Колотілов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України  
просп. Науки, 31, Київ 03028, Україна. E-mail: svk001@mail.ru

<sup>2</sup> ТОВ «Науково-виробниче підприємство “Єнамін”»  
вул. Олександра Матросова, 23, Київ 01103, Україна. E-mail: kgavrio@mail.ru

<sup>3</sup> Науково-освітній хіміко-біологічний центр Київського національного університету імені Тараса Шевченка  
вул. Червоноткацька, 61, Київ 02094, Україна

*Показано, що ефективність хроматографічного розділення рацематів 2-бутанолу, 2-гексанолу, 3-гексанолу і 1-фенілетанолу на колонках з координаційними сполуками  $[Zn_2(bdc)(S-Lact)(DMF)]_n$  ( $bdc^{2-} = 1,4$ -бензолдикарбоксилат,  $S-Lact^- = (S)$ -лактат) та  $Na_7\{VO\}_7Na_7(H_2O)_7(\beta-CD)_2$  ( $\beta-CD = \beta$ -циклодекстрин) не залежить від розміру молекули спирту. Знайдено, що при розділенні рацемату 1-фенілетанолу з використанням  $[Zn_2(bdc)(S-Lact)(DMF)]_n$  значення енантіомерного надлишку спирту змінюється антибатно в'язкості розчинника.*

**Ключові слова:** хіральні координаційні полімери, розділення рацематів, спирти, хроматографія, вплив розчинника.

## Chromatographic Separation of Racemates of Alcohols using Porous Coordination Compounds of Zinc and Vanadium(IV) with Lactate and β-Cyclodextrine

Yu. A. Satska<sup>1</sup>, N. P. Komarova<sup>2</sup>, K. S. Gavrilenko<sup>2,3</sup>, R. A. Polunin<sup>1</sup>, O. V. Manoylenko<sup>2</sup>, S. V. Kolotilov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> L. V. Pysarzhevsky Institute of Physical Chemistry, National Academy of Sciences of Ukraine  
Prosp. Nauky, 31, Kyiv 03028, Ukraine. E-mail: svk001@mail.ru

<sup>2</sup> Enamine Ltd.  
Vul. Oleksandra Matrosova, 23, Kyiv 01103, Ukraine. E-mail: kgavrio@mail.ru

<sup>3</sup> ChembioCenter, National Taras Shevchenko University of Kyiv  
Vul. Chervonotkatska, 61, Kyiv 02094, Ukraine

*It was shown that the efficiency of chromatographic separation of racemates of 2-butanol, 2-hexanol, 3-hexanol, and 1-phenylethanol on the columns with coordination compounds  $[Zn_2(bdc)(S-Lact)(DMF)]_n$  ( $bdc^{2-} = 1,4$ -benzenedicarboxylate,  $S-Lact^- = (S)$ -lactate) and  $Na_7\{VO\}_7Na_7(H_2O)_7(\beta-CD)_2$  ( $\beta-CD = \beta$ -cyclodextrine) does not depend on the size of alcohol molecule. It was found that in the case of 1-phenylethanol racemate separation using  $[Zn_2(bdc)(S-Lact)(DMF)]_n$  the value of alcohol enantiomeric excess changes inversely to solvent viscosity.*

**Key words:** chiral coordination polymers, separation of racemates, alcohols, chromatography, influence of solvent.