

КОНДЕНСАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СПИРТОВ С АРИЛАЛКЕНАМИ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ ЭФИРОВ

Ю.Г. Борисова¹, А.И. Мусин¹, В.А. Войнов¹, Г.З. Раскильдина^{1,2},
Р.М. Султанова¹, Р.Р. Даминев¹, С.С. Злотский¹

¹ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», ул. Космонавтов, 1, Уфа, Россия, 450064

E-mail: yulianna_borisova@mail.ru, musin_1995@list.ru, viktor-voinov777@mail.ru, graskildina444@mail.ru, rim-mams@yandex.ru, daminew@mail.ru, nocturne@mail.ru

²ГБНУ «Академия наук Республики Башкортостан», ул. Кирова, 15, г. Уфа, Россия, 450008

E-mail: graskildina444@mail.ru

Каталитической конденсацией ароматических олефинов – стирола и α -метилстирола со спиртами – бутанолом и 2-этилгексанолом, а так же с моноэфирами этиленгликоля – этилцеллозольвом и бутилцеллозольвом в присутствии различных катионитов с выходом более 50% получены соответствующие алкилариловые эфиры: 1-н-бутоксид-1-фенилэтан, 1-(2-бутоксипропан-2-ил)бензол, {1-[(2-этилгексил)окси]этил}бензол, {1-метил-1-[(2-метилгексил)окси]этил}бензол, [1-(2-этоксидэтокси)этил]бензол, [1-(2-этоксидэтокси)-1-метилэтил]бензол, [1-(2-бутоксидэтокси)этил]бензол и [1-(2-бутоксидэтокси)этил]бензол. Определены условия, обеспечивающие препаративное выделение целевых соединений с высокими выходами. Выявлено, что среди примененных катионитов наибольший выход эфиров достигался при использовании катионообменной смолы BENJION DVC-8 UPS, в присутствии катионита ТОКЕМ-102 выход целевых соединений несколько ниже. Структура полученных соединений была подтверждена спектроскопией ¹H, ¹³C ЯМР, а также масс-спектрами. На примере спектра ¹H ЯМР 1-н-бутоксид-1-фенилэтана, записанном в растворе CDCl₃, установлено наличие характерных для протонов C₃H₇-группы сигналов, которые регистрируются в сильной области при δ_{H} 0,96 м.д. и в интервалах 1,33-1,43 м.д. и 1,55-1,61 м.д. Протон метиновой группы, связанный с атомом кислорода проявляется в виде дублета при δ_{H} 1,50 м.д. (KCCB = 5,7). Для [1-(2-этоксидэтокси)-1-метилэтил]бензола и [1-(2-бутоксидэтокси)этил]бензола в полученных масс-спектрах регистрировалось наличие катионов [M-CH₃]⁺, образованных в результате элиминирования метильной группы из молекулярного катион-радикала. Интенсивность сигнала катиона [M-CH₃]⁺ при этом не превышала 30%. Для арилалкиловых эфиров характерно наличие катиона C₆H₅⁺, образование которого возможно в результате отщепления из катиона с $m = 91$ радикала CH₃. Определена антиагрегационная и антикоагуляционная активности синтезированных веществ. Установлено, что бутил- и изооктиловые эфиры стирола и α -метилстирола проявляют антиагрегационные и антикоагуляционные свойства несколько ниже показателей приведенных эталонов – ацетилсалициловой кислоты и гепарина натрия.

Ключевые слова: стирол, присоединение спиртов, простой эфир, катионит, гепарин натрия

CONDENSATION OF INDUSTRIAL ALCOHOLS WITH ARYLALKENES AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF THE RESULTING ETHERS

Y.G. Borisova¹, A.I. Musin¹, V.A. Voinov¹, G.Z. Raskil'dina^{1,2},
R.M. Sultanova¹, R.R. Daminev¹, S.S. Zlotsky¹

¹Ufa State Petroleum Technological University (USPTU), Kosmonavtov st., 1, Ufa, 450064, Russia

E-mail: yulianna_borisova@mail.ru, musin_1995@list.ru, viktor-voinov777@mail.ru, graskildina444@mail.ru, rim-mams@yandex.ru, daminew@mail.ru, nocturne@mail.ru

²SBSI «Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan» st. Kirova, 15, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450008, Russia

E-mail: graskildina444@mail.ru

The corresponding alkyl aryl ethers were obtained with a yield of more than 50% by catalytic condensation of aromatic olefins – styrene and α -methylstyrene with alcohols – butanol and 2-ethylhexanol, as well as with ethylene glycol monoethers – ethyl cellosolve and butyl cellosolve in the presence of various cation exchangers: 1-*n*-butoxy-1-phenylethane, 1-(2-butoxypropan-2-yl)benzene, {1-[(2-ethylhexyl)oxy]ethyl}benzene, {1-methyl-1-[(2-methylhexyl)oxy]ethyl}benzene, [1-(2-ethoxyethoxy)ethyl]benzene, [1-(2-ethoxyethoxy)-1-methylethyl]benzene, [1-(2-butoxyethoxy)ethyl]benzene and [1-(2-butoxyethoxy)ethyl]benzene. Conditions providing preparative isolation of target compounds with high yields were determined. It was revealed that among the applied cation exchangers the highest yield of esters was achieved with BENJION DVC-8 UPS cation exchange resin, in the presence of TOKEM-102 cation exchanger the yield of target compounds was slightly lower. The structure of the obtained compounds was confirmed by ^1H , ^{13}C NMR spectroscopy, as well as mass spectra. Using the ^1H NMR spectrum of 1-*n*-butoxy-1-phenylethane recorded in a CDCl_3 solution as an example, the presence of signals characteristic of the C_3H_7 group protons was established, which were recorded in the strong region at δ_{H} 0.96 ppm and in the ranges of 1.33–1.43 ppm and 1.55–1.61 ppm. The proton of the methine group bound to the oxygen atom appears as a doublet at δ_{H} 1.50 ppm. ($K_{\text{SCB}} = 5.7$). For [1-(2-ethoxyethoxy)-1-methylethyl]benzene and [1-(2-butoxyethoxy)ethyl]benzene, the presence of $[\text{M}-\text{CH}_3]^+$ cations formed as a result of the elimination of the methyl group from the molecular cation-radical was recorded in the obtained mass spectra. The intensity of the $[\text{M}-\text{CH}_3]^+$ cation signal did not exceed 30%. Aryl alkyl ethers are characterized by the presence of the C_6H_5^+ cation, the formation of which is possible as a result of the elimination of the CH_3^{\cdot} radical from the cation with $m = 91$. The antiaggregation and anticoagulation activities of the synthesized substances were determined. It has been established that butyl and isoctyl esters of styrene and α -methylstyrene exhibit antiaggregation and anticoagulation properties somewhat lower than those of the given standards – acetylsalicylic acid and sodium heparin.

Keywords: styrene, addition of alcohols, ether, cation exchanger, sodium heparin

Для цитирования:

Борисова Ю.Г., Мусин А.И., Войнов В.А., Раскильдина Г.З., Султанова Р.М., Даминев Р.Р., Злотский С.С. Конденсация промышленных спиртов с арилалкенами и биологическая активность полученных эфиров. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2025. Т. LXIX. № 2. С. 16–21. DOI: 10.6060/rcj.2025692.3.

For citation:

Borisova Y.G., Musin A.I., Voinov V.A., Raskil'dina G.Z., Sultanova R.M., Daminev R.R., Zlotsky S.S. Condensation of industrial alcohols with arylalkenes and biological activity of the resulting ethers. *Ros. Khim. Zh.* 2025. V. 69. N 2. P. 16–21. DOI: 10.6060/rcj.2025692.3.

ВВЕДЕНИЕ

Алкиларилловые эфиры широко и успешно используются в органическом синтезе в качестве добавок и присадок к топливам и полимерам [1–3]. Основным промышленным методом их получения является кислото-катализируемое присоединение спиртов и полиолов по кратным связям олефинов различного строения [4–6].

В этой связи, мы осуществили конденсацию стирола **1a** и α -метилстирола **1b** с промышленными спиртами – бутанолом **2** и его димером – изоктанолом **3**, а также с моноэфирами этиленгликоля – этилцеллозольвом **4** и бутилцеллозольвом **5**, приводящую к соответствующим ариловым эфирам, для которых была оценена антикоагуляционная и антиагрегационная активности.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Анализ реакционных масс и запись масс-спектров соединений осуществляли на аппаратно-программном комплексе «Хроматэк-Кристалл 5000М» (ЗАО СКБ «Хроматэк», Россия) с установленной базой NIST MS Search 2020 (National Institute of Standards and Technology, США). Условия анализа: капиллярная кварцевая колонка длиной 30 м, длительность анализа – 20 мин, температура источника ионов – 260 °С, температура переходной линии – 300 °С, диапазон сканирования – 30–300 Да, давление – 37–43 мТорр, газ-носитель – гелий, скорость нагрева – 20 °/мин). Для получения масс-спектров соединений использовали метод ионизации электронным ударом. Спектры ядерного магнитного резонанса ^1H и ^{13}C (ЯМР)

регистровали на спектрометре «Bruker AM-500» (Bruker Corporation, США) с рабочими частотами 500 и 125 МГц, соответственно; растворитель – CDCl_3 . Химические сдвиги приведены по шкале δ (м.д.) относительно тетраметилсилана как внутреннего стандарта. Константы спин-спинового взаимодействия (J) приведены в Гц.

Общая методика получения эфиров

Смесь 0,1 моль олефина **1a,б**, спирта 2-5 и 10 % масс. катионита BENJION DVC 8 UPS перемешивали при 120-150 °С в автоклаве (30 атм.). По окончании реакции (контроль по ГЖХ, до полной конверсии олефинов **1a,б**) автоклав охлаждали и вскрывали ампулу. Реакционную массу отделяли от катализатора фильтрованием, остаток перегоняли в вакууме.

По данной методике получены:

1-н-Бутокси-1-фенилэтан (6a). $T_{\text{кип}} = 95$ °С (10 мм. рт. ст.). Спектр ^1H ЯМР (δ , м.д.): 0,96 (т., 3H, CH_3 , J 7,3), 1,33-1,43 (м., 2H, CH_2), 1,50 (д., 3H, CH_3 , J 5,7), 1,55-1,61 (м., 2H, CH_2), 3,32 (т., 2H, OCH_2 , J 6,6), 4,40 (кв., 1H, CH , J 7,3;12,9), 7,35-7,40 (м., 5H, Ph). Спектр ^{13}C ЯМР (δ , м.д.): 13,78 (CH_3), 18,90 (CH_3), 24,19 (CH_2), 32,65 (CH_2), 69,75 (CH_2), 72,86 (CH), 124,97-127,04 (5 CH), 143,03 (C). Масс-спектр m/e , ($I_{\text{отн}}$, %): 178 M^+ (нет), 163 (48), 91 (8), 107 (100), 105 (90), 79 (32), 76 (14).

1-(2-буксипропан-2-ил)бензол (6б). $T_{\text{кип}} = 101$ °С (10 мм. рт. ст.). Спектр ^1H ЯМР (δ , м.д.): 0,94 (т., 3H, CH_3 , J 7,3), 1,28-1,35 (м., 2H, CH_2), 1,48-1,50 (м., 2H, CH_2), 1,53 (с., 6H, 2CH_3), 3,14 (т., 2H, OCH_2 , J 6,7), 7,21-7,42 (м., 5H, Ph). Физико-химические константы соответствуют литературным данным [7].

{1-[(2-этилгексил)окси]этил}бензол (7a). $T_{\text{кип}} = 98$ °С (8 мм. рт. ст.). Спектр ^1H ЯМР (δ , м.д.): 0,87 (дт., 6H, 2CH_3 , 7,45, 8,66), 1,21-1,42 (м., 6H, 3CH_2), 1,46 (д., 3H, CH_3 , J 6,48), 1,49-1,57 (м., 3H, CH_2 , CH), 3,14 (кв., 2H, OCH_2 , J 5,7), 4,30 (кв., 1H, CH, J 6,5), 7,21-7,42 (м., 5H, Ph). Спектр ^{13}C ЯМР (δ , м.д.): 10,90 (CH_3), 14,08 (CH_3), 23,09 (CH_2), 23,87 (CH_2), 24,12 (CH_3), 29,16 (CH_2), 30,55 (CH_2), 39,91 (CH), 69,75 (CH_2), 72,86 (CH), 124,97-127,04 (5CH), 143,03 (C).

1-метил-1-[(2-метилгексил)окси]этил}бензол (7б). $T_{\text{кип}} = 103$ °С (8 мм. рт. ст.). Спектр ^1H ЯМР (δ , м.д.): 0,94 (т., 3H, CH_3 , 7,67), 0,98 (т., 3H, CH_3 , 7,87), 1,34-1,41 (м., 6H, 3CH_2), 1,46 (с., 6H, 2CH_3), 1,67-1,72 (м., 3H, CH_2 , CH), 3,14 (кв., 2H, OCH_2 , J 5,8), 7,28-7,52 (м., 5H, Ph). Спектр ^{13}C ЯМР (δ , м.д.): 11,12 (CH_3), 14,13 (CH_3), 23,14 (CH_2), 23,89 (CH_2), 30,91 (CH_3), 31,49 (CH_3), 29,16 (CH_2), 30,55 (CH_2), 39,92 (CH), 71,03 (CH_2), 124,95-127,49 (5CH), 143,51 (C).

[1-(2-этоксипропан-2-ил)этил]бензол (8a). $T_{\text{кип}} = 101$ °С (5 мм. рт. ст.). Спектр ^1H ЯМР (δ , м.д.): 0,91 (т., 3H, CH_3 , J 7,03), 1,46 (д., 3H, CH_3 , J 7,15), 3,85-3,98 (м., 6H, 3CH_2), 4,30 (т., 1H, CH, J 7,14), 7,09-7,26 (м., 5H, Ph). Спектр ^{13}C ЯМР (δ , м.д.): 14,92 (CH_3), 21,08 (CH_3), 68,37 (CH_2), 69,01 (CH_2), 69,25 (CH_2), 71,25 (CH), 124,36-127,75 (5CH), 143,01 (C). Масс-спектр m/e , ($I_{\text{отн}}$, %): 194 M^+ (8), 179 (30), 120 (100), 105 (100), 91 (25), 89 (50), 77 (70), 59 (80), 45 (90).

[1-(2-этоксипропан-2-ил)-1-метилэтил]бензол (8б). $T_{\text{кип}} = 108$ °С (5 мм. рт. ст.). Спектр ^1H ЯМР (δ , м.д.): 0,99 (т., 3H, CH_3 , 10,02), 1,27 (с., 6H, 2CH_3), 3,88-4,02 (м., 6H, 3CH_2), 7,09-7,19 (м., 5H, Ph). Спектр ^{13}C ЯМР (δ , м.д.): 13,15 (CH_3), 30,33 (2CH_3), 69,55 (CH_2), 69,99 (CH_2), 70,03 (CH_2), 123,68-126,94 (5CH), 144,33 (C).

[1-(2-буксипропан-2-ил)этил]бензол (9a). $T_{\text{кип}} = 119$ °С (3 мм. рт. ст.). Спектр ^1H ЯМР (δ , м.д.): 0,81 (т., 3H, CH_3 , 6,57), 1,11-1,24 (м., 4H, 2CH_2), 1,41 (д., 3H, CH_3 , J 6,45), 3,88-3,91 (м., 6H, 3CH_2), 4,55 (кв., 1H, CH, J 6,7), 7,29-7,38 (м., 5H, Ph). Спектр ^{13}C ЯМР (δ , м.д.): 11,67 (CH_3), 18,22 (CH_2), 23,01 (CH_2), 28,51 (CH_3), 69,12 (CH_2), 69,34 (CH_2), 69,87 (CH_2), 70,45 (CH), 128,23-129,59 (5CH), 142,55 (C). Масс-спектр m/e , ($I_{\text{отн}}$, %): 222 M^+ (10), 207 (10), 120 (100), 104 (100), 91 (20), 87 (25), 77 (60), 79 (50), 57 (90).

[1-(2-буксипропан-2-ил)-1-метилэтил]бензол (9б). $T_{\text{кип}} = 124$ °С (3 мм. рт. ст.). Спектр ^1H ЯМР (δ , м.д.): 0,90 (т., 3H, CH_3 , 7,35), 1,12-1,26 (м., 4H, 2CH_2), 1,35 (с., 6H, 2CH_3), 3,90-4,01 (м., 6H, 3CH_2), 7,31-7,39 (м., 5H, Ph). Спектр ^{13}C ЯМР (δ , м.д.): 13,61 (CH_3), 19,12 (CH_2), 29,29 (2CH_3), 32,01 (CH_2), 68,56 (CH_2), 69,89 (CH_2), 70,01 (CH_2), 128,12-131,46 (5CH), 144,15 (C).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Конденсация стирола **1a** и α -метилстирола **1б** с промышленными спиртами – бутанолом **2** и его димером – изооктанолом **3**, а также с моноэфирами этиленгликоля – этилцеллозольвом **4** и бутилцеллозольвом **5**, приводящая к соответствующим ариловым эфирам происходила в присутствии катионообменных смол – сильнокислотных катионитов с размером гранул 0,65-0,1 мм, применяемых в процессах водоподготовки и водоочистки [7].

Мы установили, что при 120 °С за 8-10 ч в реакции олефинов **1a,б** со спиртами **2-5** образуются соответствующие эфиры **6a,б-9a,б**. Конверсия олефинов при этом составляет 100%, а селективность образования эфиров **6a,б-9a,б** 50-90% (табл. 1).

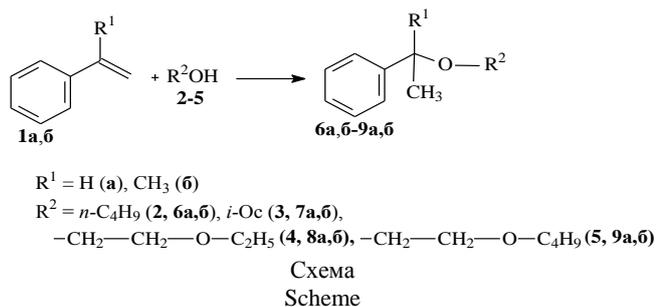


Таблица 1

Результаты конденсации олефинов **1a,б** со спиртами **2,3** в присутствии различных катионитов (120°C , мольное соотношение олефин : спирт = 1 : 1, конверсия **1a,б** = 100%)

Table 1. Results of condensation of olefins **1a,b** with alcohols **2,3** in the presence of various cation exchangers (120°C , molar ratio olefin:alcohol = 1:1, conversion **1a,b** = 100%)

Исходные реагенты	Продукт реакции	Селективность образования эфиров 6a,б-9a,б		
		Используемые катиониты		
		BENJION DVC 8	ТОКЕМ-102	
1a	2	6a	90	86
	3	7a	75	72
	4	8a	70	65
	5	9a	65	60
1б	2	6б	80	70
	3	7б	70	65
	4	8б	65	60
	5	9б	60	50

Наибольший выход эфиров **6a,б-9a,б** достигался при использовании в качестве катализатора катионообменной смолы BENJION DVC-8 UPS, в присутствии катионита ТОКЕМ-102 выход **6a,б-9a,б** составляет 50-86% (табл. 1). Вероятно, активность катализатора связана с размером зерен.

Так, у наиболее активного BENJION DVC-8 размер зерна составляет 0,55-0,65 мм, у менее активного ТОКЕМ-102 размер зерен в 5 раз меньше (0,1 мм). Кроме того, обменная емкость у BENJION DVC-8 выше, чем у других катионитов [8].

Структура полученных соединений **6a,б-9a,б** подтверждается спектроскопией ^1H , ^{13}C ЯМР, а также масс-спектрами.

В спектре ^1H ЯМР 1-*n*-бутокси-1-фенилэтана **6a** (рис. 1), записанном в растворе CDCl_3 , присутствуют сигналы, характерные для протонов C_3H_7 -группы, которые регистрируются в сильной области при δ_{H} 0,96 м.д., в интервалах 1,33-1,43 м.д. и 1,55-1,61 м.д. Протон метиновой группы, связанный с атомом кислорода проявляется в виде дублета при δ_{H} 1,50 м.д. ($K_{\text{ССВ}} = 5,7$). Дополнительно отметим, что протоны фенильной группы проявляются в области δ_{H} 7,35-7,40 м.д.

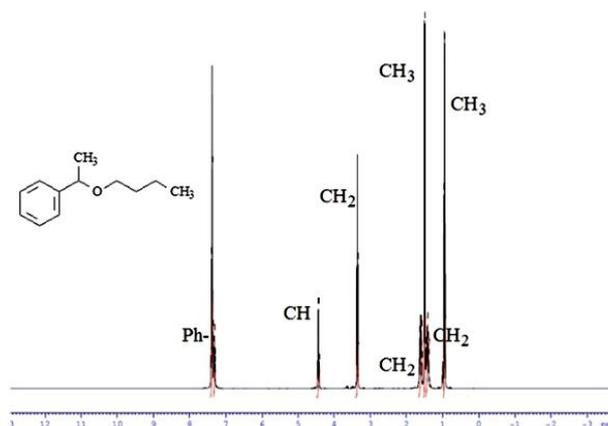


Рис. 1. Спектр ЯМР ^1H 1-*n*-бутокси-1-фенилэтана **6a**
Fig. 1. ^1H NMR spectrum of 1-*n*-butoxy-1-phenylethane **6a**

В масс-спектрах эфиров **8a** (рис. 2) и **9a** (рис. 3) регистрировались молекулярные ионы радикалы, интенсивность которых не превышала 10%.

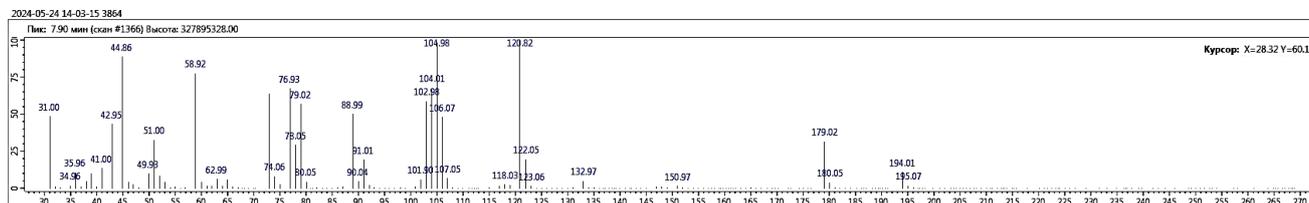


Рис. 2. Масс-спектр [1-(2-этоксизетокси)этил]бензола **8a**
Fig. 2. Mass spectrum of [1-(2-ethoxyethoxy)ethyl]benzene **8a**

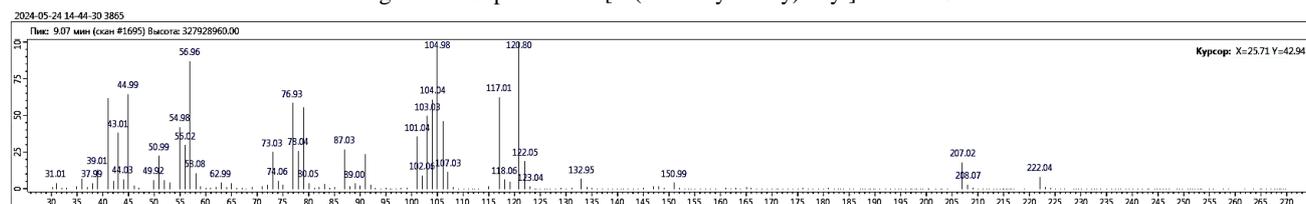


Рис. 3. Масс-спектр [1-(2-бутоксизетокси)этил]бензола **9a**
Fig. 3. Mass spectrum of [1-(2-butoxyethoxy)ethyl]benzene **9a**

Влияние впервые синтезированных соединений и препаратов сравнения на показатели системы гемостаза, Me (25–75)

Table 2. The effect of newly synthesized compounds and comparison drugs on hemostasis system parameters, Me (25–75)

№ соединения	Латентный период, % к контролю	Максимальная амплитуда, % к контролю	Скорость агрегации, % к контролю	Время достижения МА, % к контролю	Изменение АПТВ, % к контролю
6a	-4,1 (3,8-4,9)†	-1,1 (1,0-2,3)†,#	-15,6 (14,3-16,8)*,†,#	+8,4 (7,3-9,2)*,†,#	+8,4 (6,7-9,1)*
7a	+5,2 (4,7-6,7)*,†,#	-4,3 (3,6-4,9)†,#	-4,8(3,7-5,6)*,†,#	-10,3 (8,1-12,7)*,†,#	+6,2 (5,3-7,4)*
6б	+5,8 (3,7-7,1)*,†,#	-3,7 (2,9-3,9)†,#	-3,4 (2,7-4,1)†,#	-12,5 (10,6-14,1)*,†,#	+4,9 (3,4-6,2)*
7б	+3,9 (3,2-4,5)†,#	-4,1 (3,7-5,4)†,#	-10,5 (9,2-11,8)*,†	+12,6 (10,5-14,9)*,†	+3,8 (3,2-5,1)
Ацетилсалициловая кислота	-2,1 (1,1-2,6)†	-13,7 (10,8-16,4)*, †	-10,5 (7,6-12,3)*, †	+10,5 (8,7-13,4)*, †	-
Гепарин натрия	-	-	-	-	+20,3 (19,7-21,4)*

МА-максимальная амплитуда, АПТВ-активированное частичное тромбопластиновое время

Для эфиров **8a** и **9a** в масс-спектрах регистрировалось наличие катионов $[M-CH_3]^+$, образованных в результате элиминирования метильной группы из молекулярного катион-радикала. Интенсивность сигнала катиона $[M-CH_3]^+$ при этом не превышала 30%. Для арилалкиловых эфиров характерно наличие катиона $C_6H_5^+$, образование которого возможно в результате отщепления из катиона с $m = 91$ радикала CH_3^* .

Ранее нами было установлено, что соединения, содержащие в своем строении ароматический фрагмент, проявляют широкий спектр биологической активности [9, 10], а также проявляют антибактериальную активность в отношении *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *S. aureus*, *Acinobacter baumannii* [11]. В этой связи мы оценили антиагрегационные и антикоагуляционные свойства соединений **6a,б** и **7a,б** в сравнении с известными препаратами, такими как: ацетилсалициловая кислота и гепарин натрия (табл. 2).

На основании проведенных скрининговых исследований по выявлению перспективных соединений, влияющих на различные компоненты гемостаза, были найдены вещества, влияющие на различные компоненты гемостаза (табл. 2). Установлено, что соединения **6a,б** и **7a,б** проявляют антиагрегационную активность ниже уровня ацетил-

салициловой кислоты. При этом соединение **6a**, аналогично препарату сравнения – ацетилсалициловой кислоте, сокращает латентный период, в том время как эфиры **6б** и **7a,б** пролонгируют латентный период, удлиняя реакцию высвобождения тромбоцитов. Следует отметить, что эфир **6a** в 1,5 раза эффективнее уменьшает скорость агрегации тромбоцитов по сравнению с аспирином. Изученные вещества **6a,б** и **7a,б** проявили антикоагуляционную активность, однако она составила меньше 10% и по данному показателю в 2-7 раз уступали эталону – гепарину натрия.

ВЫВОДЫ

Катиониты BENJION DVC 8 и ТОКЕМ-102 могут быть использованы для получения простых эфиров в реакции присоединения спиртов со стиролом и α -метилстиролом, а полученные в ходе реакции соединения проявляют разной степени антиагрегационные и антикоагуляционные свойства.

Работа выполнена в рамках программы «Приоритет 2030».

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence of a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисова Ю.Г., Мусин А.И., Войнов А.В., Спирихин Л.В., Султанова Р.М., Раскильдина Г.З., Злотский С.С. Щелочной алкоголиз 2-фенил-гем-дихлорциклопро-

REFERENCES

1. Borisova Y.G., Musin A.I., Voinov V.A., Spirikhin L.V., Raskil'dina G.Z., Sultanova R.M., Zlotskii S.S. Alkali alcoholysis of 2-phenyl-gem-dichlorocyclopropane under microwave radiation conditions. *ChemChemTech [Izv. Vyssh.*

- пана в условиях микроволнового излучения. *Изв. вузов. Химия и хим. технологии*. 2024. Т. 67. Вып. 11. С. 15-21. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7046.
- Zhang X., Corma A.** Efficient addition of alcohols, amines and phenol to unactivated alkenes by Au^{III} or Pd^{II} stabilized by CuCl₂. *Dalton Trans.* 2008. V. 3. P. 397–403. DOI: 10.1039/B714617E.
 - Бегунов Р.С., Хлопотинин А.И.** Бензотриазолпроизводные дифениламина – новые абсорберы УФ излучения. *Изв. вузов. Химия и хим. технологии*. 2025. Т. 68. Вып. 5. С. 112–120. DOI: 10.6060/ivkkt.20256805.7200.
 - Раскильдина Г.З.** Синтез кислородсодержащих соединений на основе различных непредельных углеводородов в присутствии цеолитного катализатора H-BETA. дис. ... канд. хим. наук: 02.00.03, 02.00.13 / Раскильдина Гульнара Зинуровна. –Уфа, 2013. 136 с.
 - Раскильдина Г.З., Григорьева Н.Г., Кутепов Б.И.** Гетерогенно-каталитическое присоединение спиртов к терминальным олефинам. *Башкирский химический журнал*. 2012. Т. 19. №3. С. 101.
 - Ke F., Li Z., Xiang H., Zhou X.** Catalytic hydroalkoxylation of alkenes by iron (III) catalyst. *Tetrahedron Letters*. 2011. V. 52. N 2. P. 318–320. DOI: 10.1016/j.tetlet.2010.11.036.
 - Yu J.-L., Wang H., Zou K.-F., Zhang J.-R., Gao X., Zhang D.-W., Li Z.-T.** Selective synthesis of unsymmetrical ethers from different alcohols catalyzed by sodium bisulfite. *Tetrahedron*. 2013. V. 69(1). P. 310–315. DOI: 10.1016/j.tet.2012.10.032.
 - Борисова Ю.Г., Мусин А.И., Раскильдина Г.З., Султанова Р.М.** Гетерогенные кислотные катализаторы в синтезе циклических ацеталей. *Башкирский химический журнал*. 2024. Т. 31. № 2. С. 25-27.
 - Борисова Ю.Г., Мусин А.И., Раскильдина Г.З., Спирихин Л.В., Злотский С.С., Кузнецов В.В.** Физико-химические характеристики и строение 2,2,4-триалкилзамещенных 1,3-диоксоланов. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2024. Т. LXVIII. № 2. С. 67-75. DOI: 10.6060/R CJ.2024682.9.
 - Raskil'dina G.Z., Sultanova R.M., Zlotskii S.S.** gem-Dichlorocyclopropanes and 1,3-dioxacyclanes: synthesis based on petroleum products and use in low-tonnage chemistry. *Rev. Adv. Chem.* 2023. V. 13. P. 15–27. DOI: 10.1134/S2634827623700150.
 - Raskil'dina G.Z., Borisova Yu.G., Vereshchagin A.N., Detusheva E.V., Sultanova R.M., Zlotskii S.S.** Biological activity of quaternary ammonium salts containing 1,3-dioxolane or gem-dichlorocyclopropane fragment. *Rev. Adv. Chem.* 2024. V. 14(1). P. 16–21. DOI: 10.1134/S2634827624600105.
 - Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. J.** 2024. V. 67. N 11. P. 15-21. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7046.
 - Zhang X., Corma A.** Efficient addition of alcohols, amines and phenol to unactivated alkenes by Au^{III} or Pd^{II} stabilized by CuCl₂. *Dalton Trans.* 2008. V. 3. P. 397–403. DOI: 10.1039/B714617E.
 - Begunov R.S., Khlopotinin A.I.** Benzotriazole derivatives of diphenylamine are new UV radiation absorbers. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. J.]*. 2025. V. 68. N5. P. 112–120. DOI: 10.6060/ivkkt.20256805.7200.
 - Raskil'dina G.Z.** Synthesis of oxygen-containing compounds based on various unsaturated hydrocarbons in the presence of zeolite catalyst H-BETA. Cand. chem. sci. diss. Ufa. 2013. 136 p.
 - Raskil'dina G.Z., Grigor'yeva N.G., Kutepov B.I.** Heterogeneous catalytic addition of alcohols to terminal olefins. *Bashkir Chemical Journal*. 2012. V 19. N 3. P. 101-105. (In Russian).
 - Ke F., Li Z., Xiang H., Zhou X.** Catalytic hydroalkoxylation of alkenes by iron (III) catalyst. *Tetrahedron Letters*. 2011. V. 52. N 2. P. 318–320. DOI: 10.1016/j.tetlet.2010.11.036.
 - Yu J.-L., Wang H., Zou K.-F., Zhang J.-R., Gao X., Zhang D.-W., Li Z.-T.** Selective synthesis of unsymmetrical ethers from different alcohols catalyzed by sodium bisulfite. *Tetrahedron*. 2013. V. 69(1). P. 310–315. DOI: 10.1016/j.tet.2012.10.032.
 - Borisova Yu.G., Musin A.I., Raskil'dina G.Z., Sultanova R.M.** Heterogeneous acid catalysts in the synthesis of cyclic acetals. *Bashkir Chemical Journal*. 2024. V. 31. N 2. P. 25-27.
 - Borisova Yu.G., Musin A.I., Raskil'dina G.Z., Spirikhin L.V., Zlotsky S.S., Kuznetsov V.V.** Physico-chemical characteristics and structure of 2,2,4-trialkyl-substituted 1,3-dioxolanes. *Ros. Khim. Zh.* 2024. V. 68. N 2. P. 6775. DOI: 10.6060/R CJ.2024682.9.
 - Raskil'dina G.Z., Sultanova R.M., Zlotskii S.S.** gem-Dichlorocyclopropanes and 1,3-dioxacyclanes: synthesis based on petroleum products and use in low-tonnage chemistry. *Rev. Adv. Chem.* 2023. V. 13. P. 15–27. DOI: 10.1134/S2634827623700150.
 - Raskil'dina G.Z., Borisova Yu.G., Vereshchagin A.N., Detusheva E.V., Sultanova R.M., Zlotskii S.S.** Biological activity of quaternary ammonium salts containing 1,3-dioxolane or gem-dichlorocyclopropane fragment. *Rev. Adv. Chem.* 2024. V. 14(1). P. 16–21. DOI: 10.1134/S2634827624600105.

Поступила в редакцию 09.12.2024
Принята к опубликованию 30.04.2025

Received 09.12.2024
Accepted 30.04.2025