

## НОВЫЕ ОРГАНОСУЛЬФОНАТЫ АЛКИЛТРИФЕНИЛФОСФОНИЯ

**М.Э. Сахаутдинова<sup>✉</sup>, Д.Р. Байгильдина, М.О. Мородецких,  
О.А. Сажин, А.А. Якшимбаев**  
Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия  
<sup>✉</sup> milenkasakhatdinova@gmail.ru

**Аннотация.** Реакцией эквимольных количеств бромидов алкилтрифенилфосфония с органосульфоновыми кислотами в воде с выходом до 90 % получены органосульфонаты алкилтрифенилфосфония  $[\text{Ph}_3\text{PC}_6\text{H}_{11}\text{-cyclo}][\text{OSO}_2\text{CF}_3]$  (1),  $[\text{Ph}_3\text{PCH}_2\text{CN}][\text{OSO}_2\text{CF}_3]$  (2),  $[\text{Ph}_3\text{PC}_6\text{H}_{11}\text{-cyclo}][\text{OSO}_2\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_{2-2,4}]$  (3),  $[\text{Ph}_3\text{PCH}_2\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH}-2)][\text{OSO}_2\text{C}_6\text{H}_3\text{Me}_{2-2,5}]$  (4),  $[\text{Ph}_3\text{P}(\text{CH}_2)_4\text{Br}][\text{OSO}_2\text{C}_6\text{H}_3\text{Me}_{2-2,5}]$  (5). Строение комплексов 1–5 установлено элементным анализом и методом ИК-спектроскопии.

**Ключевые слова:** бромид алкилтрифенилфосфония, органосульфоновая кислота, аренсульфонат алкилтрифенилфосфония, синтез

**Для цитирования:** Новые органосульфонаты алкилтрифенилфосфония / М.Э. Сахаутдинова, Д.Р. Байгильдина, М.О. Мородецких и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2024. Т. 16, № 2. С. 64–67. DOI: 10.14529/chem240206

Original article  
DOI: 10.14529/chem240205

## NEW ALKYLTRIPHENYLPHOSPHONIUM ORGANOSULFONATES

**M.E. Sakhautdinova<sup>✉</sup>, D.R. Baygildina, M.O. Morodetskikh,  
O.A. Sazhin, A.A. Yakshimbayev**  
South Ural State University, Chelyabinsk, Russia  
<sup>✉</sup> milenkasakhatdinova@gmail.ru

**Abstract.** The reaction of equimolar amounts of alkyltriphenylphosphonium bromides with organosulfonic acids in water yielded ionic alkyltriphenylphosphonium organosulfonates  $[\text{Ph}_3\text{PC}_6\text{H}_{11}\text{-cyclo}][\text{OSO}_2\text{CF}_3]$  (1),  $[\text{Ph}_3\text{PCH}_2\text{CN}][\text{OSO}_2\text{CF}_3]$  (2),  $[\text{Ph}_3\text{PC}_6\text{H}_{11}\text{-cyclo}][\text{OSO}_2\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_{2-2,4}]$  (3),  $[\text{Ph}_3\text{PCH}_2\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH}-2)][\text{OSO}_2\text{C}_6\text{H}_3\text{Me}_{2-2,5}]$  (4),  $[\text{Ph}_3\text{P}(\text{CH}_2)_4\text{Br}][\text{OSO}_2\text{C}_6\text{H}_3\text{Me}_{2-2,5}]$  (5). The structure of complexes 1–5 was determined by elemental analysis and IR spectroscopy.

**Keywords:** alkyltriphenylphosphonium bromide, organosulfonic acid, alkyltriphenylphosphonium organosulfonate, synthesis

**For citation:** Sakhautdinova M.E., Baygildina D.R., Morodetskikh M.O., Sazhin O.A., Yakshimbayev A.A. New alkyltriphenylphosphonium organosulfonates. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chem.* 2024;16(2):64–67. (In Russ.) DOI: 10.14529/chem2402056

### Введение

Известно, что фосфорорганические соединения широко используются в технической [1, 2] и синтетической химии [3–6]. Следует отметить огромное значение солей фосфония в создании новых материалов, каталитических систем, ионных жидкостей, проявляющих уникальные свойства [7–9].

Наиболее распространенным способом синтеза фосфониевых солей является кватернизация соответствующего фосфина в результате реакции с электрофилом или кислотой Бренстеда [10–13]. Иной способ получения основан на реакции пентафенилфосфора с кислотами [14–17]. Однако данные методики имеют определенные недостатки, особенно в первом случае: длительность, жесткие условия и сравнительно невысокие выходы целевого продукта. Таким образом,

разработка новых простых методик получения солей фосфония, содержащих разнообразные функциональные группы, является актуальным направлением современной органической химии. В работах [18–23] было описано получение ряда аренсульфонатов тетраорганилфосфония из галогенидов тетраорганилфосфония и аренсульфоновых кислот. Достоинствами данного одностадийного способа являются мягкие условия проведения эксперимента и высокие выходы комплексов.

В настоящей работе представлен синтез новых ионных органосульфонов алкилтрифенилфосфония, строение которых установлено элементным анализом и методом ИК-спектроскопии.

#### Экспериментальная часть

В работе использовали бромиды алкилтрифенилфосфония и органосульфоновые кислоты производства фирмы Alfa Aesar. Соединения **1–5** синтезировали по методике, описанной в [18].

**Гидрат трифторметансульфоната циклогексилтрифенилфосфония (1)**, ИК-спектр ( $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ): 3445, 3061, 2949, 2895, 2864, 1441, 1263, 1223, 1159, 1109, 1030, 997, 750, 723, 714, 694, 638, 571, 544, 517, 419. Найдено, %: С 58,41; Н 5,65.  $\text{C}_{25}\text{H}_{28}\text{F}_3\text{O}_4\text{PS}$ . Вычислено, %: С 58,59; Н 5,47.

**Гидрат трифторметансульфоната (циано)трифенилфосфония (2)**, ИК-спектр ( $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ): 3474, 3067, 2878, 2257, 1589, 1439, 1398, 1283, 1256, 1227, 1192, 1159, 1032, 997, 837, 743, 723, 689, 632, 575, 550, 503, 494, 444. Найдено, %: С 53,39; Н 4,00.  $\text{C}_{21}\text{H}_{19}\text{NF}_3\text{O}_4\text{PS}$ . Вычислено, %: С 53,73; Н 4,05.

**2,4-Динитробензолсульфонат циклогексилтрифенилфосфония (3)**, ИК-спектр ( $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ): 3094, 3063, 2938, 2897, 2860, 1587, 1543, 1485, 1437, 1350, 1250, 1229, 1111, 1063, 1028, 997, 918, 889, 851, 833, 746, 719, 692, 664, 636, 544, 519, 469, 417. Найдено, %: С 60,58; Н 4,97.  $\text{C}_{30}\text{H}_{29}\text{N}_2\text{O}_7\text{PS}$ . Вычислено, %: С 60,81; Н 4,90.

**2,5-Диметилбензолсульфонат (2-гидроксibenзил)трифенилфосфония (4)**, ИК-спектр ( $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ): 3387, 2941, 2887, 1506, 1435, 1317, 1281, 1253, 1161, 1113, 997, 870, 743, 723, 691, 638, 559, 521, 490, 447. Найдено, %: С 71,41; Н 5,75.  $\text{C}_{33}\text{H}_{31}\text{O}_4\text{PS}$ . Вычислено, %: С 71,48; Н 5,60.

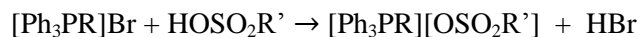
**2,5-Диметилбензолсульфонат бромбутилтрифенилфосфония (5)**, ИК-спектр ( $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ): 3005, 2886, 2864, 2793, 1587, 1485, 1437, 1335, 1308, 1279, 1242, 1231, 1194, 1159, 1144, 1132, 1111, 1026, 997, 984, 918, 876, 808, 768, 754, 737, 721, 691, 567, 528, 496, 457. Найдено, %: С 55,06; Н 4,95.  $\text{C}_{22}\text{H}_{23}\text{BrO}_3\text{PS}$ . Вычислено, %: С 55,23; Н 4,81.

**Элементный анализ** выполнен на элементном анализаторе Carlo Erba CHNS-O EA 1108. Температуры плавления измерены на синхронном термоанализаторе Netzsch 449C Jupiter.

**ИК-спектры** соединений **1–5** записывали на ИК-Фурье спектрометре Shimadzu IR Affinity-1S в таблетке KBr в области 4000–400  $\text{см}^{-1}$ .

#### Обсуждение результатов

Мы нашли, что прибавление к прозрачному горячему водному раствору бромида алкилтрифенилфосфония водного раствора соответствующей органосульфоновой кислоты приводит к образованию комплексов **1–5** с выходом до 90 %, которые после концентрации раствора и высушивания представляли собой устойчивые на воздухе бесцветные прозрачные кристаллы органосульфонов алкилтрифенилфосфония, хорошо растворимые в хлороформе, этаноле, аренах, тетрагидрофуране и плохо – в воде при комнатной температуре.



Температура плавления и выход комплексов  $[\text{Ph}_3\text{PR}][\text{OSO}_2\text{R}']$

№	R	R'	Т. пл. (°C)	Выход, (%)
1	<i>cyclo</i> - $\text{C}_6\text{H}_{11}$	$\text{CF}_3$	192	88
2	$\text{CH}_2\text{CN}$	$\text{CF}_3$	160	90
3	<i>cyclo</i> - $\text{C}_6\text{H}_{11}$	$\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_2$ -2,4	208	89
4	$\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH}-2)$	$\text{C}_6\text{H}_3\text{Me}_2$ -2,5	241	85
5	$(\text{CH}_2)_4\text{Br}$	$\text{C}_6\text{H}_3\text{Me}_2$ -2,5	200	84

В ИК-спектрах комплексов **1–5** наблюдаются полосы поглощения средней интенсивности при 3067–3005 см<sup>-1</sup>, отвечающие валентным колебаниям связей C<sub>Ar</sub>-H. Валентным колебаниям метиленовых групп соответствуют полосы при 2949–2793 см<sup>-1</sup>, деформационным колебаниям – при ~1485 см<sup>-1</sup>. Полосы поглощения высокой интенсивности при 1441–1437 и 1159–1111 см<sup>-1</sup> отвечают асимметричным и симметричным валентным колебаниям сульфонатной группы SO<sub>3</sub>. Валентным колебаниям связей C<sub>Ar</sub>-S и C<sub>Ar</sub>-P отвечают полосы сильной интенсивности при 517–550 и 754–746 см<sup>-1</sup> соответственно [24]. В структурах комплексов **1** и **2** присутствуют гидратные молекулы воды, валентным колебаниям гидроксильных групп которых соответствуют широкие полосы при 3445 и 3472 см<sup>-1</sup>. Кроме того, в спектре **5** присутствует интенсивная узкая полоса при 567 см<sup>-1</sup>, соответствующая колебанию C–Br в бромбутильной группе. В спектре соединения **3** асимметричным колебаниям NO<sub>2</sub>-групп соответствует интенсивная полоса поглощения при 1543 см<sup>-1</sup>, симметричным колебаниям – при 1350 см<sup>-1</sup>. Полоса при 2257 см<sup>-1</sup> в спектре комплекса **2** относится к валентным колебаниям C≡N группы. На присутствие CF<sub>3</sub>-групп в комплексах **1** и **2** указывает наличие в их ИК-спектрах полос при 1223 и 1227 см<sup>-1</sup>, характеризующих колебания C–F [25].

### Выводы

Взаимодействие бромидов алкилтрифенилфосфония с органосульфоновыми кислотами в воде приводит к синтезу органосульфонов алкилтрифенилфосфония, строение которых подтверждено элементным анализом и данными ИК-спектров.

### Список источников

1. *Hartley F.R.* The Chemistry of Organophosphorus Compounds. V. 3. Phosphonium Salts, Ylides and Phosphoranones / F.R. Hartley. John Wiley & Sons, Ltd., 1983. 458 p.
2. *Luiz J.F., Spikes H.* // Tribology Letters. 2020. V. 68. P. 75. DOI: 10.1007/s11249-020-01315-8.
3. *Moritz R., Wagner M., Schollmeyer D. et al.* // Chem. Eur. J. 2015. V. 21. P. 9119. DOI: 10.1002/chem.201406370
4. *Werner T.* // Adv. Synth. Catal. 2009. V. 351. P. 1469. DOI: 10.1002/adsc.200900211.
5. *Cordovilla C., Bartolome C., Martinez-Ilarduya J.M. et al.* // ACS Catal. 2015. V. 5. P. 3040. DOI: 10.1021/acscatal.5b00448.
6. *Chong C.C., Hirao H., Kinjo R.* // Angew. Chem. Int. Ed. 2015. V. 127. P. 192. DOI: 10.1002/ange.201408760.
7. *Zhu Ch.-L., Zhang F.-G., Meng W. et al.* // Angew. Chem. Int. Ed. 2011. V. 50. P. 5869. DOI: 10.1002/anie.201100283.
8. *Cassity C.G., Mirjafari A., Mobarrez N. et al.* // Chem. Commun. 2013. V. 49, no. 69. P. 7590. DOI: 10.1039/c3cc44118k.
9. *Canac Y., Duhayon C., Chauvin R.* // Angew. Chem. Int. Ed. 2007. V. 46. P. 6313. DOI: 10.1002/anie.200701490
10. *Sodano F., Rolando B., Spyralis F. et al.* // ChemMedChem. 2018. V. 13. P. 1238. DOI: 10.1002/cmdc.201800088.
11. *Mironov V.F., Nemtarev A.V., Tsepaeva O.V. et al.* // Molecules. 2021. V. 26. P. 6350. DOI: 10.3390/molecules26216350.
12. *Khasiyatullina N.R., Gubaidullin A.T., Shinkareva A.M. et al.* // Russ. Chem. Bull., Int. Ed. 2020. V. 69. P. 2140. DOI: 10.1007/s11172-020-3012-3.
13. *Romanov S., Aksunova A., Bakhtiyarova Y. et al.* // J. Organomet. Chem. 2020. V. 910. P. 121130. DOI: 10.1016/j.jorganchem.2020.121130.
14. *Шарутин В.В., Сенчурин В.С., Шарутина О.К. и др.* // Журн. общей химии. 2009. Т. 79. С. 80. DOI: 10.1134/S1070363209010125.
15. *Шарутин В.В., Шарутина О.К., Рыбакова А.В. и др.* // Журн. общей химии. 2018. Т. 88, № 8. С. 1308. DOI: 10.1134/S0044460X18080139.
16. *Шарутин В.В., Мукушева Н., Уржумова А.В.* // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2018. Т. 10, № 2. С. 48. DOI: 10.14529/chem180206.
17. *Шарутин В.В., Шарутина О.К., Губанова Ю.О.* // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2019. Т. 62, № 2. С. 4. DOI: 10.6060/ivkkt.20196202.5823.

18. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Механошина Е.С. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2022. Т. 14, № 2. С. 41. DOI: 10.14529/chem220205.
19. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Механошина Е.С. // Журн. общ. химии. 2022. Т. 92, № 6. С. 885. DOI: 10.31857/S0044460X22060087.
20. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Механошина Е.С. // Журн. структ. химии. 2022. Т. 63, № 10. С. 99532. DOI: 10.26902/JSC\_id99532.
21. Механошина Е.С. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2023. Т. 15, № 1. С. 31. DOI: 10.14529/chem230103
22. Механошина Е.С. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2023. Т. 15, № 2. С. 55. DOI: 10.14529/chem230204
23. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Механошина Е.С. // Журн. структ. химии. 2022. Т. 63, № 10. С. 99532. DOI: 10.26902/JSC\_id99532.
24. Тарасевич Б.Н. ИК-спектры основных классов органических соединений. М.: МГУ, 2012. 54 с.
25. Васильев А.В., Гриненко Е.В., Щукин А.О. и др. Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений: учебное пособие. СПб.: СПбГЛТА, 2007. 54 с.

**Сахаутдинова Милена Эмилевна** – студент, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия. E-mail: milenkasakhatdinova@gmail.ru

**Байгильдина Диана Руслановна** – студент, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия. E-mail: dianabay2005@mail.ru

**Мородецких Максим Олегович** – студент, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия. E-mail: morodeckihmaksim@gmail.com

**Сажин Олег Алексеевич** – студент, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия. E-mail: oleg\_sazhin2005@mail.ru

**Якшимбаев Асылхан Адельхамович** – студент, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия. E-mail: asylhan200511@gmail.com

*Статья поступила в редакцию 27 декабря 2023 г.  
The article was submitted 27 December 2023.*