

СТРОЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. СООБЩЕНИЕ 4

В.В. Шарутин[✉]

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

[✉] sharutin50@mail.ru

Аннотация. Методом рентгеноструктурного анализа (РСА) определено строение пяти органических и элементоорганических соединений, РСА которых проводили на автоматическом четырехкружном дифрактометре D8 Quest Bruker (Мо K α -излучение, $\lambda = 0,71073 \text{ \AA}$, графитовый монохроматор) при 293 К. Кристаллы (1) $[\text{Ph}_3\text{PCH}_2\text{C}(\text{O})\text{Ph}]^+[\text{Br}]^-$, $\text{C}_{26}\text{H}_{22}\text{OPBr}$, $M 461,32$; сингония ромбическая, группа симметрии $Pbca$; параметры ячейки: $a = 10,88(2)$, $b = 18,55(4)$, $c = 21,81(4) \text{ \AA}$; $\alpha = 90,00^\circ$, $\beta = 90,00^\circ$, $\gamma = 90,00^\circ$; $V = 4399(15) \text{ \AA}^3$; $Z = 8$; $\rho_{\text{выч}} = 1,393 \text{ г/см}^3$; $2\theta 5,72\text{--}56,7$ град.; всего отражений 64127; независимых отражений 5447; число уточняемых параметров 262; $R_{\text{int}} = 0,0813$; $GOOF 1,129$; $R_1 = 0,0526$, $wR_2 = 0,1459$; остаточная электронная плотность (max/min); $0,97\text{--}1,11 \text{ e/\AA}^3$, (2) $\text{HON}=\text{CHC}_6\text{H}_4(\text{NO}_2\text{-}3)$, $\text{C}_7\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_3$, $M 166,14$; сингония моноклинная, группа симметрии $P2_1/n$; параметры ячейки: $a = 3,764(3)$, $b = 7,002(7)$, $c = 28,56(2) \text{ \AA}$; $\beta = 91,34(4)$ град., $V = 752,6(11) \text{ \AA}^3$, $Z = 4$; $\rho_{\text{выч}} = 1,466 \text{ г/см}^3$; $2\theta 6\text{--}56,78$ град.; всего отражений 24593; независимых отражений 1880; число уточняемых параметров 110; $R_{\text{int}} = 0,0317$; $GOOF 1,067$; $R_1 = 0,0527$, $wR_2 = 0,1299$; остаточная электронная плотность (max/min); $0,15\text{--}0,25 \text{ e/\AA}^3$, (3) $[\text{Ph}_3\text{PCH}_2\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH-}2)]^+[\text{Br}]^- \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_{25}\text{H}_{24}\text{BrO}_2\text{P}$, $M 467,31$; сингония триклинная, группа симметрии $P-1$; параметры ячейки: $a = 9,699(9)$, $b = 13,455(11)$, $c = 18,340(16) \text{ \AA}$; $\alpha = 87,01(3)^\circ$, $\beta = 77,01(4)^\circ$, $\gamma = 74,42(4)^\circ$; $V = 2246(3) \text{ \AA}^3$, $Z = 2$; $\rho_{\text{выч}} = 1,382 \text{ г/см}^3$; $2\theta 5,66\text{--}56,74$ град.; всего отражений 74580; независимых отражений 11176; число уточняемых параметров 533; $R_{\text{int}} = 0,0360$; $GOOF 1,015$; $R_1 = 0,0334$, $wR_2 = 0,0789$; остаточная электронная плотность (max/min); $0,32\text{--}0,70 \text{ e/\AA}^3$, (4) $[\text{Ph}_3\text{P}(\text{CH}_2)_4\text{Br}]^+[\text{Br}]^-$, $\text{C}_{22}\text{H}_{23}\text{PBr}_2$, $M 478,19$; сингония моноклинная, группа симметрии $P2_1/c$; параметры ячейки: $a = 12,219(11)$, $b = 10,455(9)$, $c = 17,254(15) \text{ \AA}$; $\alpha = 90,00^\circ$, $\beta = 104,58(4)^\circ$, $\gamma = 90,00^\circ$; $V = 2133(3) \text{ \AA}^3$; $Z = 4$; $\rho_{\text{выч}} = 1,489 \text{ г/см}^3$; $2\theta 6,24\text{--}57,32$ град.; всего отражений 51137; независимых отражений 5420; число уточняемых параметров 226; $R_{\text{int}} = 0,0413$; $GOOF 1,073$; $R_1 = 0,0324$, $wR_2 = 0,0718$; остаточная электронная плотность (max/min); $0,26\text{--}0,86 \text{ e/\AA}^3$, (5) $[\text{Ph}_3\text{P}(\text{CH}_2)_2\text{OH}]^+[\text{Br}]^-$, $\text{C}_{20}\text{H}_{20}\text{PBrO}$, $M 387,24$; сингония моноклинная, группа симметрии $C2/c$; параметры ячейки: $a = 14,319(6)$, $b = 12,724(6)$, $c = 19,976(11) \text{ \AA}$; $\alpha = 90,00^\circ$, $\beta = 92,52(2)^\circ$, $\gamma = 90,00^\circ$; $V = 3636(3) \text{ \AA}^3$; $Z = 8$; $\rho_{\text{выч}} = 1,15 \text{ г/см}^3$; $2\theta 5,84\text{--}64,16$ град.; всего отражений 67306; независимых отражений 6355; число уточняемых параметров 209; $R_{\text{int}} = 0,0390$; $GOOF 1,039$; $R_1 = 0,0614$, $wR_2 = 0,1774$; остаточная электронная плотность (max/min); $3,43\text{--}0,86 \text{ e/\AA}^3$.

Ключевые слова: строение, органические и элементоорганические соединения, рентгеноструктурный анализ

Для цитирования: Шарутин В.В. Строение органических и элементоорганических соединений. Сообщение 4 // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2024. Т. 16, № 3. С. 89–96. DOI: 10.14529/chem240302

Original article

DOI: 10.14529/chem240302

STRUCTURE OF ORGANIC AND ORGANOELEMENTAL COMPOUNDS. PART 4

V.V. Sharutin[✉]

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

[✉] sharutin50@mail.ru

Abstract. The structure of five organic compounds was determined using X-ray diffraction analysis. X-ray diffraction analysis of compounds was carried out on an automatic four-circle diffractometer D8 Quest Bruker (Mo K α radiation, $\lambda = 0,71073 \text{ \AA}$, graphite monochromator) at 293 K.

Crystals (1) $[\text{Ph}_3\text{PCH}_2\text{C}(\text{O})\text{Ph}]^+[\text{Br}]^-$, $\text{C}_{26}\text{H}_{22}\text{OPBr}$, M 461,32; rhombic system, symmetry group $Pbca$; cell parameters: $a = 10,88(2)$, $b = 18,55(4)$, $c = 21,81(4)$ Å; $\alpha = 90,00^\circ$, $\beta = 90,00^\circ$, $\gamma = 90,00^\circ$; $V = 4399(15)$ Å³; $Z = 8$; $\rho_{\text{calc}} = 1,393$ g/cm³; 2θ 5,72–56,7 deg.; total reflections 64127; independent reflections 5447; number of specified parameters 262; $R_{\text{int}} = 0,0813$; $GOOF$ 1,129; $R_1 = 0,0526$, $wR_2 = 0,1459$; residual electron density (max/min); 0,97/–1,11 e/Å³, (2) $\text{HON}=\text{CHC}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)_3$, $\text{C}_7\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_3$, M 166,14; monoclinic system, symmetry group $P2_1/n$; cell parameters: $a = 3,764(3)$, $b = 7,002(7)$, $c = 28,56(2)$ Å; $\beta = 91,34(4)$ deg., $V = 752,6(11)$ Å³, $Z = 4$; $\rho_{\text{calc}} = 1,466$ g/cm³; 2θ 6–56,78 deg.; total reflections 24593; independent reflections 1880; number of specified parameters 110; $R_{\text{int}} = 0,0317$; $GOOF$ 1,067; $R_1 = 0,0527$, $wR_2 = 0,1299$; residual electron density (max/min); 0,15/–0,25 e/Å³, (3) $[\text{Ph}_3\text{PCH}_2\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH}-2)]^+[\text{Br}]^- \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_{25}\text{H}_{24}\text{BrO}_2\text{P}$, M 467,31; triclinic system, symmetry group $P-1$; cell parameters: $a = 9,699(9)$, $b = 13,455(11)$, $c = 18,340(16)$ Å; $\alpha = 87,01(3)^\circ$, $\beta = 77,01(4)^\circ$, $\gamma = 74,42(4)^\circ$; $V = 2246(3)$ Å³, $Z = 2$; $\rho_{\text{calc}} = 1,382$ g/cm³; 2θ 5,66–56,74 deg.; total reflections 74580; independent reflections 11176; number of specified parameters 533; $R_{\text{int}} = 0,0360$; $GOOF$ 1,015; $R_1 = 0,0334$, $wR_2 = 0,0789$; residual electron density (max/min); 0,32/–0,70 e/Å³, (4) $[\text{Ph}_3\text{P}(\text{CH}_2)_4\text{Br}]^+[\text{Br}]^-$, $\text{C}_{22}\text{H}_{23}\text{PBr}_2$, M 478,19; monoclinic system, symmetry group $P2_1/c$; cell parameters: $a = 12,219(11)$, $b = 10,455(9)$, $c = 17,254(15)$ Å; $\alpha = 90,00^\circ$, $\beta = 104,58(4)^\circ$, $\gamma = 90,00^\circ$; $V = 2133(3)$ Å³; $Z = 4$; $\rho_{\text{calc}} = 1,489$ g/cm³; 2θ 6,24–57,32 deg.; total reflections 51137; independent reflections 5420; number of specified parameters 226; $R_{\text{int}} = 0,0413$; $GOOF$ 1,073; $R_1 = 0,0324$, $wR_2 = 0,0718$; residual electron density (max/min); 0,26/–0,86 e/Å³, (5) $[\text{Ph}_3\text{P}(\text{CH}_2)_2\text{OH}]^+[\text{Br}]^-$, $\text{C}_{20}\text{H}_{20}\text{PBrO}$, M 387,24; monoclinic system, symmetry group $C2/c$; cell parameters: $a = 14,319(6)$, $b = 12,724(6)$, $c = 19,976(11)$ Å; $\alpha = 90,00^\circ$, $\beta = 92,52(2)^\circ$, $\gamma = 90,00^\circ$; $V = 3636(3)$ Å³; $Z = 8$; $\rho_{\text{calc}} = 1,15$ g/cm³; 2θ 5,84–64,16 deg.; total reflections 67306; independent reflections 6355; number of specified parameters 209; $R_{\text{int}} = 0,0390$; $GOOF$ 1,039; $R_1 = 0,0614$, $wR_2 = 0,1774$; residual electron density (max/min); 3,43/–0,86 e/Å³.

Keywords: structure, organic and organoelemental compounds, X-ray diffraction analysis

For citation: Sharutin V.V. Structure of organic and organoelemental compounds. Part 4. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chem.* 2024;16(3):89–96. (In Russ.) DOI: 10.14529/chem240302

Введение

При появлении в Южно-Уральском государственном университете современного дифрактометра D8 Quest возможность определения кристаллических структур органических, неорганических, координационных и элементоорганических соединений неизмеримо возросла, поэтому представлялось возможным определить строение многих синтезируемых в лаборатории химии элементоорганических соединений. В продолжение изучения строения элементоорганических производных и их синтонов [1–72] в настоящей работе исследовано строение пяти органических и элементоорганических соединений.

Экспериментальная часть

В работе использовали органические и элементоорганические соединения производства фирмы Alfa Aesar, которые перекристаллизовывали из смеси бензола и гептана (1:1 объем.) или спирта и воды (3:1 объем.).

РСА кристаллов 1–5 проведен на дифрактометре D8 Quest фирмы Bruker (MoK α -излучение, $\lambda = 0,71073$ Å, графитовый монохроматор) при 296(2) К. Сбор, редактирование данных и уточнение параметров элементарной ячейки, а также учет поглощения проведены по программам SMART и SAINT-Plus [73]. Все расчеты по определению и уточнению структуры выполнены по программам SHELXL/PC [74] и OLEX2 [75]. Структуры определены прямым методом и уточнены методом наименьших квадратов в анизотропном приближении для неводородных атомов. Основные кристаллографические данные и результаты уточнения структур 1–5 приведены в табл. 1, основные длины связей и валентные углы – в табл. 2. Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных (№ 2144654 (1), № 2157458 (2), № 2177537 (3), № 2177546 (4), № 2219876 (5)); deposit@ccdc.cam.ac.uk; <http://www.ccdc.cam.ac.uk>). Основные кристаллографические данные и результаты уточнения структур 1–5 приведены в табл. 1, длины связей и валентные углы – в табл. 2.

Таблица 1

Кристаллографические данные, параметры эксперимента и уточнения структур 1–5

Параметр	1	2	3	4	5
Формула	C ₂₆ H ₂₂ OPBr	C ₇ H ₆ N ₂ O ₃	C ₂₅ H ₂₄ BrO ₂ P	C ₂₂ H ₂₃ PBr ₂	C ₂₀ H ₂₀ PBrO
<i>M</i>	461,32	166,14	467,31	478,19	387,24
Сингония	Ромбическая	Моноклинная	Триклинная	Моноклинная	Моноклинная
Пр. группа	<i>Pbca</i>	<i>P2₁/n</i>	<i>P-1</i>	<i>P2₁/c</i>	<i>C2/c</i>
<i>a</i> , Å	10,88(2)	3,764(3)	9,699(9)	12,219(11)	14,319(6)
<i>b</i> , Å	18,55(4)	7,002(7)	13,455(11)	10,455(9)	12,724(6)
<i>c</i> , Å	21,81(4)	28,56(2)	18,340(16)	17,254(15)	19,976(11)
α , град.	90,00	90,00	87,01(3)	90,00	90,00
β , град.	90,00	91,34(4)	77,01(4)	104,58(4)	92,52(2)
γ , град.	90,00	90,00	74,42(4)	90,00	90,00
<i>V</i> , Å ³	4399(15)	752,6(11)	2246(3)	2133(3)	3636(3)
<i>Z</i>	8	4	2	4	8
ρ (выч.), г/см ³	1,393	1,466	1,382	1,489	1,415
μ , мм ⁻¹	1,956	0,117	1,919	3,877	2,351
<i>F</i> (000)	1888,0	344,0	960,0	960,0	1584,0
Размер кристалла, мм	0,46 × 0,43 × 0,21	0,5 × 0,14 × 0,1	0,51 × 0,5 × 0,27	0,55 × 0,15 × 0,13	0,65 × 0,2 × 0,14
Область сбора данных по 2 θ , град.	5,72–56,7	6–56,78	5,66–56,74	6,24–57,32	5,84–64,16
Интервалы индексов отражений	-13 ≤ <i>h</i> ≤ 14, -24 ≤ <i>k</i> ≤ 24, -29 ≤ <i>l</i> ≤ 29	-5 ≤ <i>h</i> ≤ 4, -9 ≤ <i>k</i> ≤ 9, -38 ≤ <i>l</i> ≤ 38	-12 ≤ <i>h</i> ≤ 12, -17 ≤ <i>k</i> ≤ 17, -24 ≤ <i>l</i> ≤ 24	-16 ≤ <i>h</i> ≤ 16, -14 ≤ <i>k</i> ≤ 14, -23 ≤ <i>l</i> ≤ 23	-21 ≤ <i>h</i> ≤ 21, -18 ≤ <i>k</i> ≤ 18, -29 ≤ <i>l</i> ≤ 29
Измерено отражений	64127	24593	74580	51137	67306
Независимых отражений	5447	1880	11176	5420	6355
Переменных уточнения	262	110	533	226	209
<i>GOOF</i>	1,129	1,067	1,015	1,073	1,039
<i>R</i> -факторы по $F^2 > 2\sigma(F^2)$	<i>R</i> ₁ = 0,0526, <i>wR</i> ₂ = 0,1459	<i>R</i> ₁ = 0,0527, <i>wR</i> ₂ = 0,1299	<i>R</i> ₁ = 0,0334, <i>wR</i> ₂ = 0,0789	<i>R</i> ₁ = 0,0324, <i>wR</i> ₂ = 0,0718	<i>R</i> ₁ = 0,0614, <i>wR</i> ₂ = 0,1774
<i>R</i> -факторы по всем отражениям	<i>R</i> ₁ = 0,0781, <i>wR</i> ₂ = 0,1639	<i>R</i> ₁ = 0,0692, <i>wR</i> ₂ = 0,1398	<i>R</i> ₁ = 0,0522, <i>wR</i> ₂ = 0,0880	<i>R</i> ₁ = 0,0495, <i>wR</i> ₂ = 0,0791	<i>R</i> ₁ = 0,0878, <i>wR</i> ₂ = 0,1987
Остаточная электронная плотность (min/max), e/Å ³	0,97/-1,11	0,15/-0,25	0,32/-0,70	0,26/-0,86	3,43/-0,86

Таблица 2

Длины связей и валентные углы в структурах 1–5

Связь	<i>d</i> , Å	Угол	ω , град.
1			
P1–C11	1,794(4)	C11–P1–C7	106,15(15)
P1–C7	1,797(4)	C1–P1–C11	106,1(2)
P1–C1	1,790(4)	C1–P1–C7	114,04(15)
P1–C21	1,785(4)	C21–P1–C11	109,22(16)
O1–C8	1,213(4)	C21–P1–C7	108,2(2)
C11–C16	1,397(5)	C21–P1–C1	112,86(16)
2			
O2–N2	1,201(2)	O2–N2–O3	123,08(17)
O1–N1	1,397(2)	O2–N2–C3	118,35(15)
O3–N2	1,206(2)	O3–N2–C3	118,56(16)
N2–C3	1,465(2)	C2–C3–N2	118,25(14)
C7–N1	1,256(2)	C4–C3–N2	118,77(15)
C3–C2	1,371(2)	N1–C7–C1	122,75(14)
C3–C4	1,370(2)	C7–N1–O1	111,75(14)

Связь	<i>d</i> , Å	Угол	ω, град.
3			
P1–C7	1,806(2)	C21–P1–C7	108,81(10)
P1–C21	1,786(2)	C21–P1–C1	108,11(10)
P1–C1	1,791(2)	C21–P1–C11	111,45(10)
P1–C11	1,797(2)	C1–P1–C7	112,12(10)
O1–C36	1,351(2)	C1–P1–C11	108,55(9)
C35–C36	1,395(3)	C11–P1–C7	107,83(10)
4			
Br1–C10	1,965(3)	C1–P1–C7	108,07(11)
P1–C1	1,805(2)	C1–P1–C11	110,63(11)
P1–C21	1,802(2)	C21–P1–C1	109,45(11)
P1–C7	1,810(2)	C21–P1–C7	110,12(11)
P1–C11	1,818(2)	C21–P1–C11	107,02(11)
C5–C6	1,400(4)	C7–P1–C11	111,55(11)
5			
P1–C1	1,796(3)	C21–P1–C1	108,04(14)
P1–C11	1,793(3)	C1–P1–C7	112,21(15)
P1–C21	1,800(3)	C11–P1–C1	108,95(14)
P1–C7	1,807(3)	C11–P1–C21	110,75(14)
C5–C6	1,384(5)	C11–P1–C7	111,38(16)
C6–C1	1,397(4)	C21–P1–C7	105,42(15)

Обсуждение результатов

За время работы монокристаллического дифрактометра D8 Quest в лаборатории химии элементоорганических соединений ЮУрГУ (2012–2024) были исследованы структуры более 2000 органических, неорганических, координационных и элементоорганических соединений. По этим результатам было опубликовано в научных журналах ~500 статей, среди которых можно выделить наиболее важные за последние три года [1–72].

В настоящей работе приведены ранее неизвестные кристаллографические данные пяти кристаллических структур органических и элементоорганических соединений (табл. 1, 2), являющихся прекурсорами для получения сложных комплексов металлов. Из данных РСА следует, что кристаллы комплексов **1**, **3–5** состоят из тетраорганилфосфониевых катионов и галоиданионов, в то время как в кристалле **2** присутствуют лишь молекулы оксима (рис. 1–5).

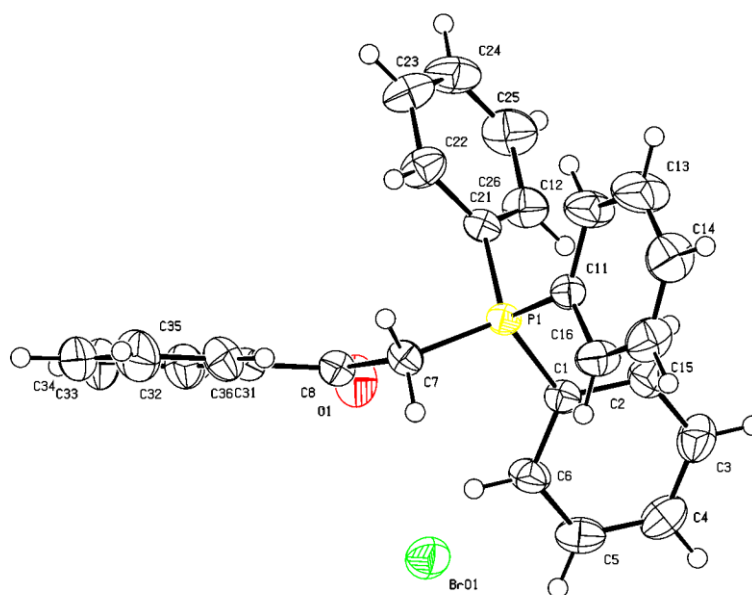
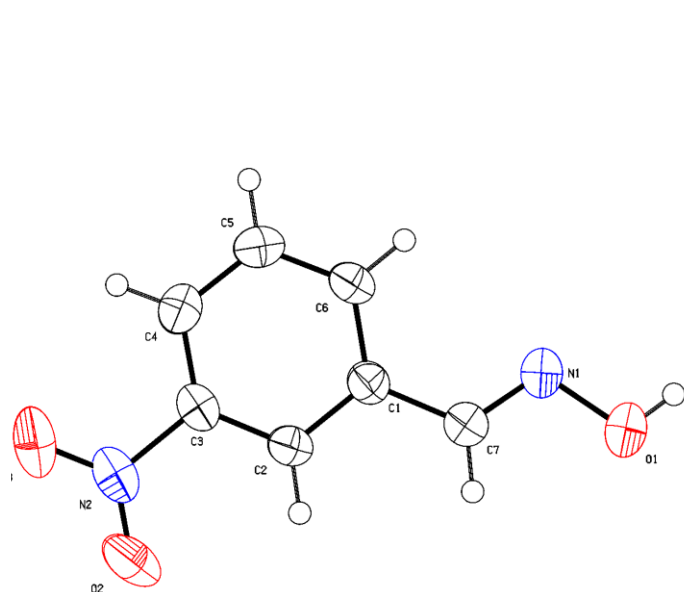
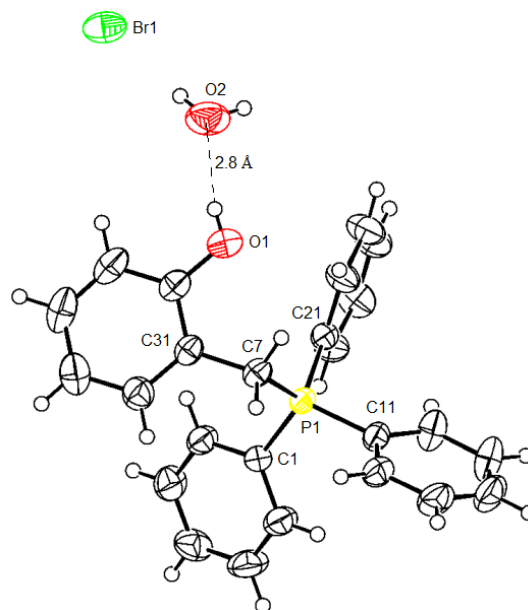
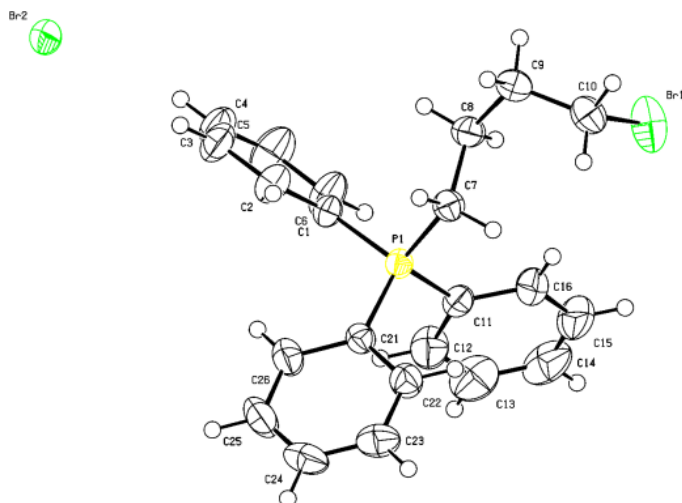
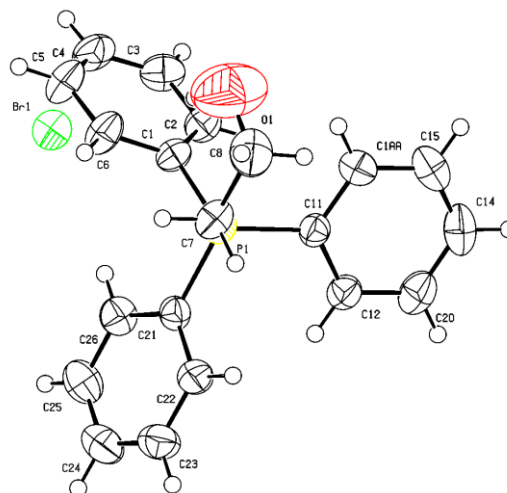


Рис. 1. Общий вид $[\text{Ph}_3\text{PCH}_2\text{C}(\text{O})\text{Ph}]\text{Br}$ (**1**)

Рис. 2. Общий вид $\text{HON}=\text{CHC}_6\text{H}_4(\text{NO}_2-3)$ (2)Рис. 3. Общий вид $[\text{Ph}_3\text{PCH}_2\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH}-2)]\text{Br} \cdot \text{H}_2\text{O}$ (3)Рис. 4. Общий вид $[\text{Ph}_3\text{P}(\text{CH}_2)_4\text{Br}]\text{Br}$ (4)Рис. 5. Общий вид $[\text{Ph}_3\text{P}(\text{CH}_2)_2\text{OH}]\text{Br}$ (5)

Длины связей и значения валентных углов в структурах соединений 1–5 близки к наблюдаемым в аналогичных известных структурах [76].

Выводы

Методом рентгеноструктурного анализа определено строение пяти органических и элементоорганических соединений, геометрические параметры в структурах которых близки к наблюдаемым в подобных производных.

Список источников

1. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Gubanova Y.O. et al. // *Mendeleev Commun.* 2020. V. 30, No. 1. P. 97. DOI: 10.1016/j.mencom.2020.01
2. Svistunova I.V., Tretyakova G.O., Pyzyrkov X.N. et al. // *Inorg. Chim. Acta.* 2020. V. 501. P. 119230. DOI: 10.1016/j.ica.2019.119230
3. Брегадзе В.И., Глазун С.А., Ефремов А.Н. и др. // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия».* 2020. Т. 12, № 1. С. 5. DOI: 10.14529/chem200101
4. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н. // *Журн. неорган. химии.* 2020. Т. 65, № 1. С. 49. DOI: 10.31857/S0044457X20010158

5. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Novikov A.S., Adonin S.A. // New J. Chem. 2020. V. 44. P. 14339. DOI: 10.1039/d0nj02774j
6. Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2020. Т. 12, № 2. С. 74. DOI: 10.14529/chem200208
7. Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2020. Т. 12, № 4. С. 79. DOI: 10.14529/chem200405
8. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н. // Журн. структ. химии. 2020. Т. 61, № 9. С. 1490. DOI: 10.26902/JSC_id60682
9. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Тарасова Н.М. и др. // Известия Академии наук. Серия химическая. 2020. № 10. С. 1892.
10. Сенчуринов В.С., Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Журн. структ. химии. 2021. Т. 62, № 10. С. 1673. DOI: 10.26902/JSC_id80788
11. Ефремов А.Н., Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Журн. структ. химии. 2021. Т. 62, № 12. С. 2084. DOI: 10.26902/JSC_id84811
12. Зыкова А.Р., Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Журн. неорган. химии. 2021. Т. 66, № 1. С. 63. DOI: 10.31857/S0044457X21010141
13. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Кощеева Л.В. // Журн. неорган. химии. 2021. Т. 66, № 10. С. 1407. DOI: 10.31857/S0044457X21100160
14. Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Журн. неорган. химии. 2021. Т. 66, № 3. С. 358. DOI: 10.31857/S0044457X21030156
15. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Тарасова Н.М., Ельцов О.С. // Журн. общ. химии. 2021. Т. 91, № 11. С. 1716. DOI: 10.31857/S0044460X21110081
16. Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Журн. общ. химии. 2021. Т. 91, № 4. С. 598. DOI: 10.31857/S0044460X21040156
17. Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Журн. общ. химии. 2021. Т. 91, № 5. С. 752. DOI: 10.31857/S0044460X21050127
18. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Кощеева Л.В. // Журн. общ. химии. 2021. Т. 91, № 5. С. 758. DOI: 10.31857/S0044460X21050139
19. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Сопшина Д.М. // Журн. общ. химии. 2021. Т. 91, № 9. С. 1438. DOI: 10.31857/S0044460X21090158
20. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Хайбуллина О.А. // Журн. общ. химии. 2021. Т. 91, № 9. С. 1446. DOI: 10.31857/S0044460X2109016X
21. Шевченко Д.П., Хабина А.Е., Шарутин В.В. и др. // Изв. Академии наук. Серия хим. 2021. № 10. С. 1946.
22. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н. // Коорд. химия. 2021. Т. 47, № 5. С. 293. DOI: 10.31857/S0132344X21050066
23. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н. // Коорд. химия. 2021. Т. 47, № 6. С. 356. DOI: 10.31857/S0132344X21060074
24. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н. // Коорд. химия. 2021. Т. 47, № 9. С. 568. DOI: 10.31857/S0132344X21070057
25. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Попкова М.А., Жеребцов Д.А. // Башкирский химический журнал. 2021. Т. 28, № 1. С. 68. DOI: 10.17122/bcj_2021_1_68_73
26. Ефремов А.Н., Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2021. Т. 13, № 1. С. 47. DOI: 10.14529/chem210105
27. Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2021. Т. 13, № 2. С. 5. DOI: 10.14529/chem210201
28. Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2021. Т. 13, № 3. С. 5. DOI: 10.14529/chem210301
29. Попкова М.А., Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2021. Т. 13, № 4. С. 110. DOI: 10.14529/chem210409
30. Ефремов А.Н., Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2021. Т. 13, № 4. С. 120. DOI: 10.14529/chem210410
31. Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2021. Т. 13, № 4. С. 55. DOI: 10.14529/chem210403

32. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Механошина Е.С. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2022. Т. 14, № 2. С. 41. DOI: 10.14529/chem220205
33. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Механошина Е.С. // Журн. структурной химии. 2022. Т. 63, № 10. С. 99532. DOI: 10.26902/JSC_id99532
34. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Механошина Е.С. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2022. Т. 14, № 2. С. 41. DOI: 10.14529/chem220205
35. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Механошина Е.С. // Журн. общ. химии. 2022. Т. 92, № 6. С. 885. DOI: 10.31857/S0044460X22060087
36. Artem'eva E.V., Efremov A.N., Sharutina O.K., Sharutin V.V. et al. // Polyhedron. 2022. Vol. 213. P. 115627. DOI: 10.1016/j.poly.2021.115627
37. Artem'eva E.V., Efremov A.N., Sharutina O.K., Sharutin V.V. et al. // J. Inorg. Biochem. 2022. Vol. 234. P. 111864. DOI: 10.1016/j.jinorgbio.2022.111864
38. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Efremov A.N., Adonin S.A. // Mendeleev Commun. 2022. Vol. 32, no. 1. P. 109. DOI: 10.1016/j.mencom.2022.01.035
39. Pupkova Y.O., Sharutin V.V., Sharutina O.K. et al. // Mendeleev Commun. 2022. Vol. 32, no. 3. P. 377. DOI: 10.1016/j.mencom.2022.05.028
40. Жеребцов Д.А., Шарутин В.В., Полозов М.А. и др. // Журн. структ. химии. 2022. Т. 63, № 11. С. 102097. DOI: 10.26902/JSC_id102097
41. Ефремов А.Н., Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Журн. структ. химии. 2022. Т. 63, № 3. С. 261. DOI: 10.26902/JSC_id88696
42. Раджакумар К., Шарутин В.В., Адонин С.А. и др. // Журн. структ. химии. 2022. Т. 63, № 4. С. 504. DOI: 10.26902/JSC_id90869
43. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Сенчурин В.С., Красносельская В.В. // Журн. неорган. химии. 2022. Т. 67, № 12. С. 1773. DOI: 10.31857/S0044457X22600803
44. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н. // Журн. неорган. химии. 2022. Т. 67, № 8. С. 1151. DOI: 10.31857/S0044457X22080244
45. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Механошина Е.С. // Журн. общ. химии. 2022. Т. 92, № 12. С. 1957. DOI: 10.31857/S0044460X22120174
46. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н. // Журн. общ. химии. 2022. Т. 92, № 2. С. 304. DOI: 10.31857/S0044460X22020172
47. Шевченко Д.П., Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Журн. общ. химии. 2022. Т. 92, № 5. С. 799. DOI: 10.31857/S0044460X22050158
48. Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Журн. общ. химии. 2022. Т. 92, № 5. С. 812. DOI: 10.31857/S0044460X22050171
49. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Механошина Е.С. // Журн. общ. химии. 2022. Т. 92, № 6. С. 885. DOI: 10.31857/S0044460X22060087
50. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Сенчурин В.С. // Журн. общ. химии. 2022. Т. 92, № 7. С. 1152. DOI: 10.31857/S0044460X22070204
51. Шарутин В.В., Потемкин В.А., Ефремов А.Н. и др. // Известия Академии наук. Серия химическая. 2022. Т. 71. № 4. С. 707.
52. Шевченко Д.П., Хабина А.Е., Шарутин В.В. и др. // Коорд. химия. 2022. Т. 48, № 1. С. 29. DOI: 10.31857/S0132344X22010054
53. Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Коорд. химия. 2022. Т. 48, № 1. С. 57. DOI: 10.31857/S0132344X22010042
54. Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Коорд. химия. 2022. Т. 48, № 3. С. 178. DOI: 10.31857/S0132344X22030033
55. Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Коорд. химия. 2022. Т. 48, № 6. С. 352. DOI: 10.31857/S0132344X22060056
56. Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Коорд. химия. 2022. Т. 48, № 5. С. 314. DOI: 10.31857/S0132344X22050085
57. Зыкова А.Р., Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ельцов О.С. // Коорд. химия. 2022. Т. 48, № 6. С. 370. DOI: 10.31857/S0132344X22060081
58. Пупкова Ю.О., Шарутин В.В., Шарутина О.К., Фоминых А.С. // Коорд. химия. 2022. Т. 48, № 8. С. 506. DOI: 10.31857/S0132344X22080059

59. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Сенчуринов В.С. // Коорд. химия. 2022. Т. 48, № 9. С. 566. DOI: 10.31857/S0132344X22090055
60. Жеребцов Д.А., Шарутин В.В., Найферт С.А. и др. // Кристаллография. 2022. Т. 67, № 3. С. 399. DOI: 10.31857/S0023476122030274
61. Шарутин В.В., Сенчуринов В.С. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2022. Т. 14, № 1. С. 17. DOI: 10.14529/chem220102
62. Ефремов А.Н., Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2022. Т. 14, № 1. С. 5. DOI: 10.14529/chem220101
63. Ефремов А.Н., Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2022. Т. 14, № 2. С. 14. DOI: 10.14529/chem220202
64. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Механошина Е.С. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2022. Т. 14, № 2. С. 41. DOI: 10.14529/chem220205
65. Шарутин В.В., Головин М.С. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2022. Т. 14, № 2. С. 5. DOI: 10.14529/chem220201
66. Шарутин В.В., Сенчуринов В.С. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2022. Т. 14, № 2. С. 52. DOI: 10.14529/chem220206
67. Шевченко Д.П., Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2022. Т. 14, № 2. С. 62. DOI: 10.14529/chem220207
68. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Рыбакова А.В., Ельцов О.С. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2022. Т. 14, № 2. С. 90. DOI: 10.14529/chem220210
69. Ефремов А.Н., Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2022. Т. 14, № 3. С. 34. DOI: 10.14529/chem220304
70. Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2022. Т. 14, № 3. С. 5. DOI: 10.14529/chem220301
71. Механошина Е.С. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2023. Т. 15, № 1. С. 31. DOI: 10.14529/chem230103
72. Механошина Е.С. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2023. Т. 15, № 2. С. 55. DOI: 10.14529/chem230204
73. Bruker. SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.
74. Bruker. SHELXTL/PC. Versions 5.10. An Integrated System for Solving, Refining and Displaying Crystal Structures from Diffraction Data. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.
75. OLEX2: a Complete Structure Solution, Refinement and Analysis Program / O.V. Dolomanov, L.J. Bourhis, R.J. Gildea et al. // J. Appl. Cryst. 2009. Vol. 42. P. 339–341. DOI: 10.1107/S0021889808042726
76. Cambridge Crystallographic Data Center, 2022-2023.

Шарутин Владимир Викторович – доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник управления научной и инновационной деятельности, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия. E-mail: sharutin50@mail.ru

Статья поступила в редакцию 29 апреля 2024 г.

The article was submitted 29 April 2024.