

Оригинальная статья / Original article

УДК 548.737:547.243

DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-2-178-186>



## Неподелённая электронная пара сурьмы как стереоэлектронный барьер на пути к стибатрану

© В.П. Барышок\*, Э.А. Зельbst\*\*

\* Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
г. Иркутск, Российская Федерация

\*\* Педагогический институт Иркутского государственного университета,  
г. Иркутск, Российская Федерация

**Резюме:** С целью исследования влияния неподелённой электронной пары  $5s^2$  атома сурьмы на результат реакции трифторида сурьмы с триэтаноламином в присутствии метилата натрия уточнена кристаллическая структура продукта реакции – 2-фтор-6-(2'-гидроксиэтил)-1,3-диокса-6-аза-2-стибациклооктана (1-фтор-2-гидростибатрана)  $FSb(OCH_2CH_2)_2NCH_2CH_2OH$ . В структуре данного соединения атом водорода 2-гидроксиэтильной группы каждой молекулы образует межмолекулярную водородную связь с кислородным атомом одного из пятичленных полуциклов  $SbOCH_2CH_2N$  соседней молекулы. Геометрия обоих пятичленных гетероциклов N-C-C-O-Sb, замкнутых трансаннулярной связью  $N\rightarrow Sb$  в молекуле 1-фтор-2-гидростибатрана, практически одинакова. Межатомные расстояния C–O, C–C, N–C и валентные углы в двух эндоциклических фрагментах (NCCOSb) соизмеримы с наблюдаемыми в силатранах  $RSi(OCH_2CH_2)_3N$ . Координационный полизэдр атома Sb может быть представлен как переходный от бисфеноида до тригональной пирамиды  $Sb(O_3)N$  с атомом азота в вершине и тремя атомами кислорода в основании. Длина трансаннулярной координационной связи  $N\rightarrow Sb$  равна  $2,402(4)$  Å, что на  $0,40$  Å больше стандартной длины ковалентной связи Sb–N. Связь Sb–F ( $1,997(4)$  Å) на  $0,12$  Å длиннее, чем в молекуле  $SbF_3$ , и незначительно короче значения Sb–F<sub>ax</sub> ( $2,028(3)$  Å) в кристаллическом комплексе  $SbF_3\cdot Gly$ . Атом фтора существенно отклонен от оси  $N\rightarrow Sb$  в сторону атомов O(1) и O(2). Атом кислорода 2-гидроксиэтильной группы отстоит от атома Sb на расстоянии  $2,899(3)$  Å, промежуточном между длиной валентной связи и суммой ван-дер-ваальсовых радиусов этих атомов. Вкупе с положением атома F это позволяет предположить кристаллическую структуру 1-фтор-2-гидростибатрана как «замороженное» состояние нуклеофильной атаки атома кислорода типа  $SNi$  (Sb), незавершенной вследствие его отталкивания неподелённой электронной парой  $5s^2$  атома сурьмы.

**Ключевые слова:** 2-фтор-6-(2'-гидроксиэтил)-1,3-диокса-6-аза-2-стибациклооктан, 1-фтор-2-гидростибатран, кристаллическая структура, межмолекулярная водородная связь, нуклеофильная атака типа  $SNi$  (Sb)

**Благодарности:** Авторы благодарят И.В. Стерхову, к.х.н., старшего научного сотрудника лаборатории структурных исследований Иркутского института химии им. А.Е. Фаворского СО РАН, за уточнение экспериментальных данных кристаллической структуры.

**Для цитирования:** Барышок В.П., Зельbst Э.А. Неподелённая электронная пара сурьмы как стереоэлектронный барьер на пути к стибатрану. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2021. Т. 11. № 2. С. 178–186. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-2-178-186>

## Antimony lone electronic pair as a stereoelectronic barrier to stibatrane

Viktor P. Baryshok\*, Eleonora A. Zel'bst\*\*

\* Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

\*\* Pedagogical Institute of Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation

**Abstract:** To examine the effect of  $5s^2$  lone electron pair of antimony atom on the reaction of antimony trifluoride and triethanolamine in the presence of sodium methylate, the crystal structure of the reaction product -2-fluoro-6-(2-hydroxyethyl)-1,3-dioxa-6-aza-2-stibacyclooctane (1-fluoro-2-hydrostibatrane)  $FSb(OCH_2CH_2)_2NCH_2CH_2OH$  was confirmed. In the compound structure, the hydrogen atom of the 2-hydroxyethyl group of each molecule forms an intermolecular hydrogen bond with the oxygen atom of one of the five-membered  $SbOCH_2CH_2N$  half-

cycles in a neighbouring molecule. A geometry of both five-member N-C-C-O-Sb heterocycles, end-capped by transannular N → Sb bond in the 1-fluoro-2-hydrostibatran molecule, is almost identical. C–O, C–C, N–C interatomic distances and valence angles in two endocyclic units (NCCOSb) are comparable to those observed in  $RSi(OCH_2CH_2)_3N$  silatrane. A coordination polyhedron of the Sb atom can be represented as a transition from a bisphenoid to  $Sb(O_3)N$  trigonal pyramid, with a nitrogen atom at the apex and three oxygen atoms in the base. The N → Sb transannular coordinate bond length is 2.402(4) Å, which is 0.40 Å greater than the Sb–N covalent bond standard length. The Sb–F bond (1.997(4) Å) is 0.12 Å longer than that in the  $SbF_3$  molecule, and insignificantly shorter than that of the Sb– $F_{ax}$  (2.028(3) Å) in the  $SbF_3\cdot Gly$  crystalline complex. The fluorine atom substantially strays from the N→Sb axis to the direction of O(1) and O(2) atoms. The oxygen atom of the 2-hydroxyethyl group lies at a distance of 2.899(3) Å from that of Sb, intermediate between the valence bond length and the sum of the Van der Waals radii of these atoms. Combined with the F atom position, one can assume the 1-fluoro-2-hydrostibatran crystal structure as a “frozen” state of the  $SNi(Sb)$  type nucleophilic attack of the oxygen atom, uncompleted because of its repulsion by the 5s<sup>2</sup> lone electronic pair of antimony atom.

**Keywords:** 2-fluoro-6-(2-hydroxyethyl)-1,3-dioxa-6-aza-2-stibacyclooctane, 1-fluoro-2-hydrostibatran, crystal structure, intermolecular hydrogen bond,  $SNi(Sb)$  type nucleophilic attack

**Acknowledgment:** The authors are grateful to I.V. Sterkhov, Cand. Sci., Senior Researcher, Structural Research Laboratory, A.E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry SB RAS, for the refinement of the experimental data on the crystal structure.

**For citation:** Baryshok VP, Zel'bst EA. Antimony lone electronic pair as a stereoelectronic barrier to stibatran. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotehnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology.* 2021;11(2):178–186. (In Russian) <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-2-178-186>

## ВВЕДЕНИЕ

Координационные соединения сурьмы(III) с различными лигандами [1–24] представляют интерес как с точки зрения их строения, так и биологической активности, особенно цитотоксических свойств, активно изучаемых в последние десятилетия [25–29].

Еще в 1966 г. Р. Мюллер заявил о синтезе внутримолекулярного соединения сурьмы – стибатрана  $Sb(OCH_2CH_2)_3N$ , реакцией расщепления силатранов трифтормоном сурьмы [19]. Однако никаких сведений об этом соединении в последующем не появилось. При взаимодействии триэтилантимонита  $Sb(OC_2H_5)_3$  с триэтаноламином  $N(CH_2CH_2OH)_3$  образуется нерастворимое вещество неустановленного строения [20].

Взаимодействием трифтормонида сурьмы с триэтаноламином и метилатом натрия в среде метанола нами синтезирован 2-фтор-6-(2'-гидрооксиэтил)-1,3-диокса-6-аза-2-стибациклооктан  $FSb(OCH_2CH_2)_2NCH_2CH_2OH$  и изучена его кри-

сталлическая структура [10, 14]. Однако в представленной ранее модели кристалла атом водорода у атома О(3) не был экспериментально определен.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Кристаллическая структура уточнена на рентгеновском дифрактометре Bruker D8 VENTURE. Параметры элементарной ячейки:  $a = 7,6855(5)$  Å;  $b = 9,9249(6)$ ;  $c = 11,8199(9)$ ;  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ ; пр. гр.  $P2_12_12_1$ ;  $V = 901,58(11)$  Å<sup>3</sup>;  $T = 296$  К. Получены интенсивности 2638 независимых отражений (МоКα-излучение, поглощение учитывалось), окончательный фактор достоверности  $R = 45\%$ . Структура соединения депонирована в Кембриджском банке структурных данных, номер CCDC 1985064. Значения уточненных величин межатомных расстояний и валентных углов в сравнении с опубликованными ранее [10, 14] приведены в таблице.

**Длины межатомных связей атомов (Å) и валентные углы (град.) в молекуле 1-фтор-2-гидростибатрана**

**Lengths of interatomic bonds of atoms (Å) and bond angles (degrees) in 1-fluoro-2-hydrostibatran molecule**

Связь	d, Å		Угол	$\omega$ , град.	
	этота работа	[14]		этота работа	[14]
Sb1–F1	1,997(2)	1,983(7)	F1Sb1O3	134,6(3)	135,5(3)
Sb1–N1	2,402(3)	2,406(7)	F1Sb1O2	82,8(1)	82,4(3)
Sb1–O1	1,962(3)	1,958(7)	O1Sb1O2	98,5(1)	98,7(3)
Sb1–O2	2,003(3)	2,019(7)	O2Sb1O3	141,9(3)	141,7(2)
Sb1···O3	2,899(3)	2,941(7)	O2Sb1N1	77,3(1)	77,9(3)
O1–C1	1,421(6)	1,425(13)	O1Sb1F1	83,9(1)	84,8(3)
O2–C4	1,421(5)	1,448(13)	Sb1O2C4	120,1(3)	118,0(6)

O3–C6	1,424(5)	1,380(13)	Sb1O1C1	118,3(3)	117,8(6)
C1–C2	1,522(5)	1,517(13)	Sb1O3C6	108,6(4)	107,5(6)
C2–N1	1,487(5)	1,466(11)	Sb1N1C2	105,3(2)	105,6(5)
C3–N1	1,483(5)	1,481(11)	Sb1N1C3	102,8(1)	102,9(5)
C4–C3	1,517(6)	1,487(15)	Sb1N1C5	112,9(2)	114,3(5)
C5–N1	1,485(5)	1,481(11)	F1Sb1N1	150,1(1)	150,7(3)
C6–C5	1,512(6)	1,521(11)	N1Sb1O3	65,6(3)	64,9(4)
			C2N1C3	112,4(3)	111,7(7)
			O1C1C2	110,5(3)	110,5(8)
			C2N1C5	113,8(3)	112,6(7)
			O2C4C3	111,5 (4)	113,0(8)
			N1C2C1	109,7(3)	109,9(7)
			N1C3C4	109,8(3)	110,3(8)
			O3C6C5	111,8(3)	114,0(8)
			N1C5C6	113,8(1)	112,8(8)
			O1Sb1O3	81,8(3)	82,5(3)
			O1Sb1N1	77,4(1)	77,1(3)

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Ранее координационный полиэдр атома сурьмы в молекуле 2-фтор-6-(2'-гидроксиэтил)-1,3-диокса-6-аза-2-стибациклооктана был охарактеризован нами как пирамида с четырехатомным основанием ( $O(1)O(2)N(1)F(1)$ ) и гидроксильным атомом кислорода в вершине [10] (рис. 1).

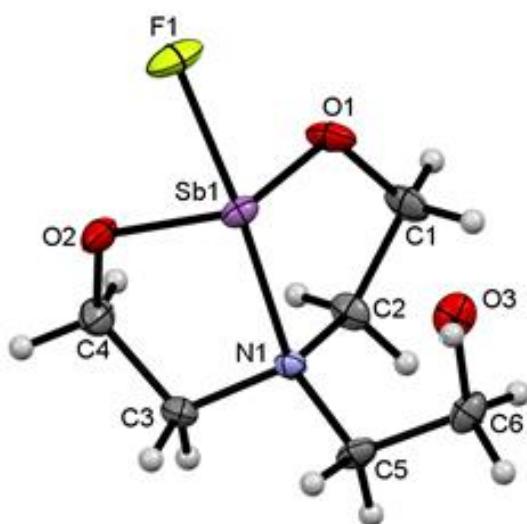


Рис. 1. Молекулярная структура 1-фтор-2-гидростибатрана (50% тепловые эллипсоиды)

Fig. 1. Molecular structure of 1-fluoro-2-hydrostibatrane (50% thermal ellipsoids)

В уточненной структуре  $FSb(OCH_2CH_2)_2NCH_2CH_2OH$ , для краткости названной нами 1-фтор-2-гидростибатраном [10], центральным атомом по-прежнему является сурьма.

Судя по геометрии пятичлененных гетероциклов  $N(1)C(2)C(1)O(1)Sb(1)$  и  $NC(4)C(3)O(2)Sb(1)$ , замкнутых трансаннулярной связью  $N \rightarrow Sb$ , и межатомным расстояниям C–O, C–C, N–C в двух эндоциклических фрагментах ( $NCCOSb$ ), соизмеримых с наблюдаемыми в силатранах  $RSi(OCH_2CH_2)_3N$  и металлатранах типа  $O_3M \leftarrow N$

[30, 31], представляется возможным в первом приближении рассмотреть полиэдр атома сурьмы в виде тригональной бипирамиды, в экваториальной плоскости которой располагаются три атома кислорода, а аксиальные позиции бипирамиды занимают атомы азота – N(1), и фтора – F(1) (см. рис. 1). Однако в отличие от металлатранов этот полиэдр значительно искажен. Искажение характеризуется лишь координационным контактом с атомом Sb атома кислорода 2-гидроксиэтильной группы, уменьшением углов  $N(1)-Sb(1)-O(1)$ ,  $N(1)-Sb(1)-O(2)$  и, особенно,  $O(1)-Sb(1)-O(2)$  ( $98,5(1)^\circ$ ). Близко к последнему значение угла  $O(1)Sb(1)O(3)$ , составляющее  $81,8(3)^\circ$ . В то же время угол  $O(2)Sb(1)O(3)$  намного больше –  $141,9(3)^\circ$ . Это обусловлено, очевидно, влиянием неподелённой электронной пары (НЭП)  $5s^2$  атома сурьмы, занимающей экваториальное положение.

Ранее на примере молекул  $RX_3$  и  $POX_3$  показано, что способность к отталкиванию у НЭП атома фосфора больше, чем у связи P=O [32]. Отталкивание от НЭП атома O(3) в молекуле 1-фтор-2-гидростибатрана не позволяет атомам O(3) и Sb(1) сблизиться до образования валентной связи с отщеплением протона, тем самым «замораживая» контакт  $Sb(1)\cdots O(3)$  на расстоянии, промежуточном между длиной валентной связи и суммой ван-дерваальсовых радиусов этих атомов (см. таблицу). Это, вероятно, и обуславливает выявленную ранее [10] подвижность атома водорода в растворах при повышенных температурах и склонность к сильному межмолекулярному связыванию с атомом кислорода O(1) соседней молекулы в кристаллической структуре 1-фтор-2-гидростибатрана (рис. 2).

Длина связи Sb–F ( $1,997(4)$  Å) незначительно короче значения Sb–F<sub>ax</sub> ( $2,028(3)$ ) в кристаллической молекуле комплекса  $SbF_3Gly$  [2]. Однако атом фтора, очевидно, вследствие стереоэлектронного давления атома O(3) на НЭП Sb, значительно отклонен в сторону атомов O(1) и O(2). Углы  $F(1)Sb(1)N(1)$ ,  $F(1)Sb(1)O(1)$ ,  $F(1)Sb(1)O(2)$  и  $F(1)Sb(1)O(3)$  составляют соответственно  $150,1(1)$ ,  $83,9(1)$ ,  $82,8(1)$  и  $134,6(3)^\circ$ .

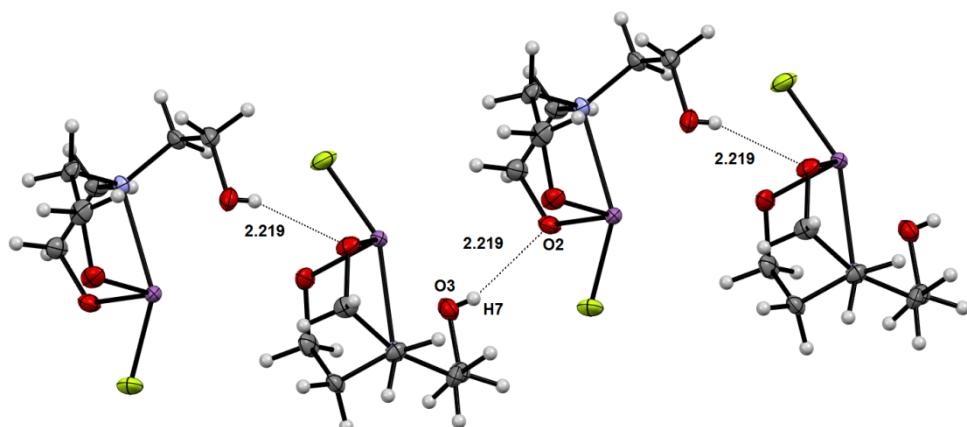


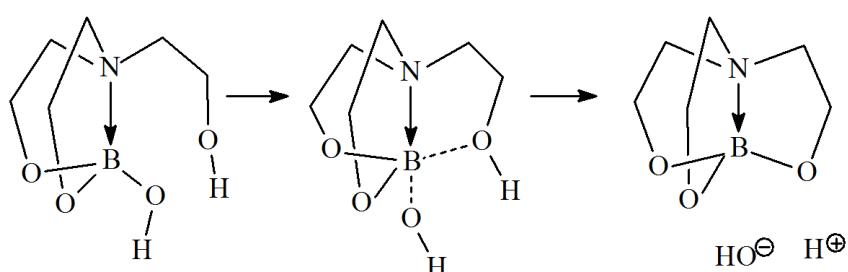
Рис. 2. Межмолекулярные водородные связи  $\text{OH}\cdots\text{O}$  в кристалле 1-фтор-2-гидростибатрана

Fig. 2. Intermolecular  $\text{OH}\cdots\text{O}$  hydrogen bonds in the crystal of 1-fluoro-2-hydroxystibatran

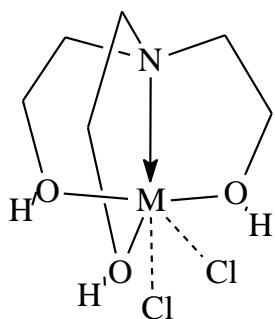
Несмотря на межмолекулярную водородную связь  $\text{O}(1)\text{-H-O}(3)$ , геометрия обоих пятичлененных гетероциклов —  $\text{NC}(2\text{C}(1)\text{O}(1)\text{Sb}$  и  $\text{NC}(4)\text{C}(3)\text{O}(2)\text{Sb}$ , в молекуле 1-фтор-2-гидростибатрана практически одинакова (см. таблицу). Отличающийся третий пятичлененный гетероцикл  $\text{N}(1)\text{C}(6)\text{C}(5)\text{O}(3)\text{Sb}(1)$  замкнут двумя координационными связями,  $\text{N}(1)\rightarrow\text{Sb}(1)$  и  $\text{O}(3)\rightarrow\text{Sb}(1)$ . Длина трансаннулярной координационной связи  $\text{N}\rightarrow\text{Sb}$  равна  $2,402(4)$  Å, что лишь на  $0,40$  Å больше стандартной длины ковалентной связи  $\text{Sb-N}$  [33]. Длина координационной связи  $\text{O}(3)\rightarrow\text{Sb}(1)$  ( $2,899(3)$  Å) почти на  $1,0$  Å

больше длины валентных связей  $\text{Sb}(1)\text{-O}(1)$  ( $1,962(3)$  Å) и  $\text{Sb}(1)\text{-O}(2)$  ( $2,003(4)$  Å) и на  $\sim 1.5$  Å меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов атомов сурьмы и кислорода<sup>1</sup> [33, 34].

Координационный контакт атомов  $\text{Sb}(1)$  и  $\text{O}(3)$  может быть представлен как «замороженное» состояние нуклеофильной атаки атома кислорода на атом  $\text{Sb}$  типа  $\text{S}_{\text{N}}^{\text{i}}(\text{Sb})$  на пути к стибатрану, легко завершающейся при замыкании третьего атранового полукольца в атрановых системах вида  $\text{O}_3\text{M}\leftarrow\text{N}$ , например, при образовании боратрана ( $\text{M} = \text{B}$ ):



Трициклические комплексы с триэтаноламином образуют также многие соли металлов, например,  $\text{ZnCl}_2$  и  $\text{CdCl}_2$  [35]:



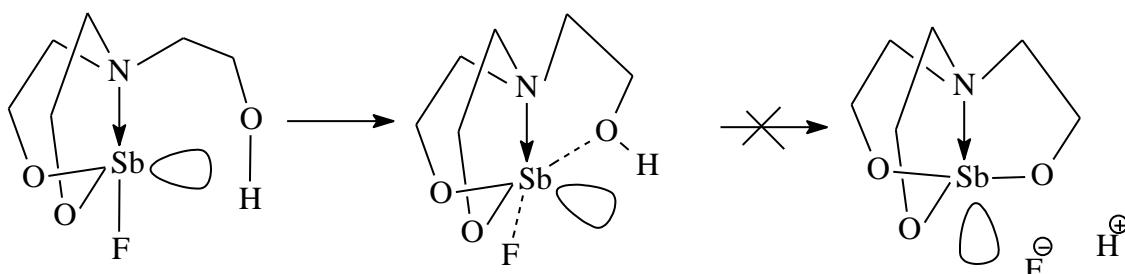
Примечательно, что в отличие от триэтаноламина трис(2-гидроксифенил)амин в реакции с триэтилантимонитом образует вещество, соответствующее брутто-формуле  $3,4,7,8,10,11$ -трибензостибатрана  $\text{Sb}(\text{OC}_6\text{H}_4\text{-O})_3\text{N}$  [12]. Из раствора в ДМСО это соединение кристаллизуется в виде комплекса  $(\text{CH}_3)_2\text{SO}\rightarrow\text{Sb}(\text{OC}_6\text{H}_4\text{-O})_3\text{N}$ , в кристаллической структуре которого полиэдр атома сурьмы представлен квадратной пирамидой с атомом азота в вершине и четырьмя атомами кислорода в основании. По-видимому, углеродные атомы фенильных колец в положениях 3, 4, 7, 8, 10, 11 занимают меньше пространства, чем метиленовые группы в атрановых фрагментах  $\text{M}-\text{OCH}_2\text{CH}_2-\text{N}$ .

<sup>1</sup>Macgillavry C.H., Rieck G.D. International tables for X-ray crystallography. Vol. 3: Physical and chemical tables. Birmingham, England: Kynoch Press, 1962. P. 266.

В спектрах ЯМР  $^1\text{H}$  металлатранов  $\text{RM}(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_3\text{N}$  и их аналогов  $\text{R}_2\text{M}(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_2\text{NR}'$  вследствие конформационной подвижности конвертообразных полуколец  $\text{M}-\text{O}-\text{C}-\text{C}-\text{N}$ , резонанс метиленовых протонов атранового остова наблюдается в виде пар триплетов, относящихся к вырожденной спиновой системе  $3(\text{A}_2\text{M}_2)$  и  $2(\text{A}_2\text{M}_2)$  соответственно [19, 36]. В спектрах ЯМР  $^1\text{H}$  1-фтор-2-гидроистибатрана в  $\text{CDCl}_3$  в интервале температур от -60 до  $65^\circ\text{C}$  протоны полуколец проявляются в виде мультиплетных сигналов, соответствующих спиновой системе  $2(\text{ABMN})$ , а в ациклическом фрагменте  $\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  – в виде двух триплетов, соответствующих спиновой системе  $\text{A}'_2\text{M}'_2$  [10]. Это свидетельствует о том, что в атрановой системе  $\text{Sb}(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_2\text{N}$  с экваториальным расположением НЭП Sb конформационная подвижность полуколец Sb-O-C-C-N затруднена, а координационный контакт  $\text{O}(3)\rightarrow\text{Sb}(1)$  легко мигрирует по обеим сторонам НЭП Sb, усредняя химические сдвиги протонов в группах  $\text{OCH}_2$  и  $\text{NCH}_2$ . На тесное расположение полуколец указывает величина угла  $\text{O}(1)\text{Sb}(1)\text{O}(2) = 98.5^\circ$ , в то время

как в кристаллах силатранов значения углов  $\text{OSiO}$  составляют  $118\text{--}120^\circ$  [30]. Угол  $\text{O}(1)\text{Sb}(1)\text{O}(3)$  меньше  $90^\circ$ , а  $\text{O}(2)\text{Sb}(1)\text{O}(3)$  составляет  $141.9^\circ$ , что визуализирует положение НЭП Sb между этими атомами кислорода. При этом геометрия валентного окружения вокруг атома азота в 1-фтор-2-гидроистибатране даже ближе к тетраэдрическому, чем в силатранах с сильной координационной связью  $\text{Si}\leftarrow\text{N}$  (углы C-N-C в среднем составляют соответственно  $111.2$  и  $113\text{--}114^\circ$  [30]).

Наблюдающаяся в спектре ЯМР  $^1\text{H}$  1-фтор-2-гидроистибатрана при температуре от  $75$  до  $120^\circ\text{C}$  в  $\text{DMSO-d}_6$  прототропная таутомерия с попеременной быстрой миграцией протона (разрывом-восстановлением гетероциклических связей Sb–O) осуществляется, по-видимому, с разрывом координации  $\text{N}(1)\rightarrow\text{Sb}(1)$  [10]. Однако это не способствует завершению реакции с разрывом связи Sb-F и смещением НЭП Sb в аксиальное положение, что свидетельствует о значительном энергетическом барьере на пути этого превращения:



Межмолекулярное взаимодействие в элементарной ячейке кристалла и положение атома F в молекулах иллюстрирует рис. 2. В кристалле можно выделить цепочки, сформированные посредством межмолекулярных водородных связей  $\text{OH}\cdots\text{O}$  длиной  $2,219\text{ \AA}$ . Атом водорода H(7) находится почти на линии, соединяющей атомы O(2) и O(3) ( $2,756(3)\text{ \AA}$ ) соседних молекул, угол  $\text{O}(2)\text{H}(7)\text{O}(3)$  равен  $158.5^\circ$ .

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В кристаллической структуре 1-фтор-2-гидроистибатрана межмолекулярная водородная связь атома водорода 2-гидроксиэтильной групп-

пы каждой молекулы с кислородным атомом одного из пятичленных циклов Sb-OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N соседней молекулы является, по-видимому, следствием внутримолекулярной координации  $\text{O}_3\rightarrow\text{Sb}(1)$ , уменьшающей степень связывания атомов O(3) и H(7). Координационный контакт атомов Sb(1) и O(3) может быть представлен как незавершенная нуклеофильная атака атома кислорода на атом Sb типа  $S_{Ni}$ , а полиздр атома сурьмы – как переходный от бисфеноида до треугольной пирамиды  $\text{Sb}(\text{O}_3)\text{N}$  с атомом азота в вершине и тремя атомами кислорода в основании.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Voit E.I., Udovenko A.A., Kovaleva E.V., Makarenko N.V., Zemnukhova L.A., Beleneva I.A. Structure and properties of the molecular complex of antimony(III) fluoride with  $\gamma$ -glycine // Journal of Structural Chemistry. 2019. Vol. 60. Issue 4. P. 630–639. <https://doi.org/10.1134/S0022476619040140>
2. Ковалева Е.В., Макаренко Н.В., Удовенко А.А., Земнухова Л.А. Синтез, строение и свойства фторидных комплексных соединений сурьмы(III) с аминокислотами // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2019. N 6 (208). С. 5–22. <https://doi.org/10.25808/08697698.2019.208.6.001>
3. Udovenko A.A., Makarenko N.V., Kovaleva E.V., Zemnukhova L.A. Crystal structure of DL-valinium tetrafluoroantimonate(III) monohydrate // Journal of Structural Chemistry. 2018. Vol. 59. Issue 7. P. 1653–1657. <https://doi.org/10.1134/S0022476618070181>
4. Udovenko A.A., Makarenko N.V., Kovaleva E.V., Zemnukhova L.A. Crystal structure of DL-serinium

- heptafluorodiantimonate(III) // Journal of Structural Chemistry. 2018. Vol. 59. Issue 6. P. 1421–1426. <https://doi.org/10.1134/S0022476618060240>
5. Benjamin S.L., Burt J., Levason W., Reid G., Webster M. Synthesis and structures of antimony trifluoride complexes with N-heterocyclic ligands // Journal of Fluorine Chemistry. 2012. Vol. 135. P. 108–113. <https://doi.org/10.1016/j.jfluchem.2011.09.007>
6. Udoenko A.A., Makarenko N.V., Davidovich R.L., Zemnukhova L.A., Kovaleva E.V. Crystal structure of the molecular adduct of antimony(III) fluoride with L-phenylalanine // Journal of Structural Chemistry. 2011. Vol. 52. Issue 3. P. 616–620. <https://doi.org/10.1134/S0022476611030243>
7. Khan M., Gul S., Hussain I., Khan M.A., Ashfaq M., Inayat-Ur-Rahman, et al. *In vitro* anti-leishmanial and anti-fungal effects of new Sb(III) carboxylates // Organic and Medicinal Chemistry Letters. 2011. Vol. 1. Issue 2. 7 p. <https://doi.org/10.1186/2191-2858-1-2>
8. Udoenko A.A., Davidovich R.L., Zemnukhova L.A., Kovaleva E.V., Makarenko N.V. Crystal structure of DL-serinium tetrafluoroantimonate(III) // Journal of Structural Chemistry. 2010. Vol. 51. Issue 3. P. 540–544. <https://doi.org/10.1007/s10947-010-0078-z>
9. Udoenko A.A., Makarenko N.V., Davidovich R.L., Zemnukhova L.A., Kovaleva E.V. Crystal structure of L-leucinium tetrafluoroantimonate(III) // Journal of Structural Chemistry. 2010. Vol. 51. Issue 5. P. 904–908. <https://doi.org/10.1007/s10947-010-0137-5>
10. Voronkov M.G., Pestunovich V.A., Albaev A.I., Kuznetsova G.A., Selbst E.A., Baryshok V.P. 1-Fluoro-2-hydrostibatrane // Journal of Structural Chemistry. 2006. Vol. 47. Issue 3. P. 527–531. <https://doi.org/10.1007/s10947-006-0332-6>
11. Zemnukhova L.A., Davidovich R.L., Udoenko A.A., Kovaleva E.V. Sb(III) fluoride complexes with DL-valine. Crystal structure of molecular complex  $\text{SbF}_3\{\text{(CH}_3\text{)}_2\text{CHCH}(\text{+NH}_3)\text{COO}\}$  // Russian Journal of Coordination Chemistry. 2005. Vol. 31. Issue 2. P. 115–120. <https://doi.org/10.1007/S11173-005-0040-3>
12. Tanski J.M., Kelly B.V., Parkin G. Multidentate aryloxide and oxo-aryloxide complexes of antimony: synthesis and structural characterization of  $[\eta^4\text{-N(o-C}_6\text{H}_4\text{O)}_3\text{Sb(OSMe)}_2]$ ,  $\{[\eta^3\text{-N(o-C}_6\text{H}_4\text{OH)}\text{(o-C}_6\text{H}_4\text{O)}_2\text{Sb}\}_2\mu^2\text{-O}\}$  and  $\{[\eta^3\text{-PhN(o-C}_6\text{H}_4\text{O)}_2\text{Sb}\}_4\mu^3\text{-O}\}_2$  // Dalton Transactions. 2005. Issue 14. P. 2442–2447. <https://doi.org/10.1039/b505308k>
13. Udoenko A.A., Zemnukhova L.A., Kovaleva E.V., Davidovich R.L. Crystal structure of monohydrate and anhydrous  $\beta$ -alaninium tetrafluoroantimonates(III) // Russian Journal of Coordination Chemistry. 2005. Vol. 31. Issue 4. P. 225–229. <https://doi.org/10.1007/s11173-005-0081-7>
14. Voronkov M.G., Pestunovich V.A., Zelbst E.A., Kashaev A.A., Fundamenskiy V.S., Albaev A.I., et al. The puzzle of stibatrane:  $(\text{O} \rightarrow \text{Sb} \leftarrow \text{N})\text{-2-Fluoro-6-}$ (2"-hydroxyethyl)-1,3-dioxa-6-aza-2-stibacyclooctane // Doklady Chemistry. 2001. Vol. 381. Issue 4-6. P. 344–346. <https://doi.org/10.1023/A:1013316824768>
15. Singh A.K., Amburosea C.V., Jha N.K., Sharma P., Cabrera A., Espinosa-Perz G. [Tetra(n-butyl)ammonium]  $[\text{di}(\mu\text{-bromo})\text{ bis}(\text{dichloro(p-tolyl)antimonate(III)})]$ : synthesis and crystal structure // Journal of Chemical Research. 2000. Issue 4. P. 198–199. <https://doi.org/10.3184/030823400103166959>
16. Zemnukhova L.A., Davidovich R.L. 121,123Sb NQR study of antimony(III) fluoride complexes // Russian Chemical Bulletin. 1998. Vol. 47. Issue 11. P. 2164–2168. <https://doi.org/10.1007/BF02494273>
17. Battaglia L.P., Corradi A.B., Pelosi G., Cantoni A., Alonzo G., Bertazzi N. Crystal and molecular structure of antimony trifluoride-terpyridine 1:1 adduct: a case of pseudo-pentagonal-bipyramidal geometry // Journal of the Chemical Society, Dalton Transactions. 1991. Vol. 11. P. 3153–3155. <https://doi.org/10.1039/DT9910003153>
18. Abboud K.A., Palenik R.C., Palenik G.J., Wood R.M. Syntheses and structures of four antimony complexes with planar tridentate pyridine ligands // Inorganica Chimica Acta. 2007. Vol. 360. Issue 11. P. 3642–3646. <https://doi.org/10.1016/j.ica.2007.05.007>
19. Voronkov M.G., Baryshok V.P. Metallatrane // Journal of Organometallic Chemistry. 1982. Vol. 239. Issue 1. P. 199–249.
20. Bradiey D.C., Gaur D.P., Mehrotra R.C. Metal Alkosides. London: Academic Press, 1978. 411 p.
21. Müller R. The splitting of the 1-organyl-silatrane by metal fluorides // Organometallic Chemistry Reviews. 1966. Vol. 1. P. 359.
22. Das R., Pani S. Trichloromonopyridineantimony complex // Journal of the Indian Chemical Society. 1954. Vol. 33. P. 538.
23. Keogan D.M., Oliveira S.S.C., Sangenito L.S., Branquinha M.H., Jagoo R.D., Twamley B., et al. Novel antimony(III) hydroxamic acid complexes as potential anti-leishmanial agents // Dalton Transactions. 2018. Vol. 47. Issue 21. P. 7245–7255. <https://doi.org/10.1039/C8DT00546j>
24. Urgut O.S., Ozturk I.I., Banti C.N., Kourkoumelis N., Manol M., Tasiopoulos A.J., et al. New antimony(III) halide complexes with dithiocarbamate ligands derived from thiuram degradation: The effect of the molecule's close contacts on *in vitro* cytotoxic activity // Materials Science and Engineering: C. 2016. Vol. 58. P. 396–408. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.08.030>
25. Hadjikakou S.K., Ozturk I.I., Banti C.N., Kourkoumelis N., Hadjiliadis N. Recent advances on antimony(III/V) compounds with potential activity against tumor cells // Journal of Inorganic Biochemistry. 2015. Vol. 153. P. 293–305. <https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2015.06.006>
26. Ozturk I.I., Ürgüt O., Banti C.N., Kourkoume-

- lis N., Owczarzak A.M., Kubicki M., et al. Synthesis, structural characterization and cytostatic properties of N,N-dicyclohexyldithioxamide complexes of antimony(III) halides ( $SbX_3$ , X: Br or I) // Polyhedron. 2014. Vol. 70. P. 172–179. <https://doi.org/10.1016/j.poly.2013.12.025>
- 27.** Tiekkink E.P.T. Anticancer activity of molecular compounds of arsenic, antimony and bismuth. In: Biological chemistry of arsenic, antimony and bismuth. Ed. Sun. H. Chichester. UK: John Wiley & Sons Ltd, 2011, pp. 293–310. <https://doi.org/10.1002/9780470975503.ch12>
- 28.** Ковалева Е.В., Земнухова Л.А. Экотоксикологические свойства комплексных фторидных соединений сурьмы(III) // Вестник Томского государственного университета. Химия. 2019. N 13. С. 28–41. <https://doi.org/10.17223/24135542/13/4>
- 29.** Adeyemi J.O., Onwudiwe D.C. Chemistry and Some Biological Potential of Bismuth and Antimony Dithiocarbamate Complexes // Molecules. 2020. Vol. 25. Issue 2. P. 305–326. <https://doi.org/10.3390/molecules25020305>
- 30.** Pestunovich V.K., Kirpichenko S.V., Voronkov M.G. Silatranes and their tricyclic analogs. In: Saul P., Rappoport Z., Apeloig Y. (eds.) Chemistry of organic silicon compounds. Vol 2. Part 2. Chichester: Wiley, 1998, pp 1447–1537.
- 31.** Sterkhova I.V., Smirnov V.I., Kuznetsova G.A., Zel'bst E.A. Crystal and molecular structure of 1-(iodomethyl)- and 1-(iodpropyl)silatranes // Journal of Structural Chemistry. 2016. Vol. 57. Issue 1. P. 209–212. <https://doi.org/10.1134/S0022476616010285>
- 32.** Харгиттаи М., Харгиттаи И. Геометрия молекул координационных соединений в парообразной фазе / пер. с англ. В.П. Спириданова. М.: Мир, 1976. 248 с.
- 33.** Pauling L. The nature of the chemical bond. Ithaca: Cornell University Press, 1960. 644 p.
- 34.** Бацанов С.С. Атомные радиусы элементов // Журнал неорганической химии. 1991. Т. 36. N 12. С. 3015–3037.
- 35.** Воронов В.К., Дударева О.В., Фунтикова Е.А. Исследования комплексов  $ZnCl_2$  и  $CdCl_2$  с триэтаноламином методами спектроскопии ЯМР и квантовой химии // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020. Т. 10. N 4. С. 548–555. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2020-10-4-548-555>
- 36.** Kupce E., Liepiņš E., Lukevics E. The conflict between the conformational properties of the eight-membered heterocycle and trigonal bipyramidal of five-coordinated silicon in 1,3-dioxa-6-aza-2-silacyclooctanes // Journal of Organometallic Chemistry. 1983. Vol. 248. Issue 2. P. 131–147. [https://doi.org/10.1016/0022-328X\(83\)85020-7](https://doi.org/10.1016/0022-328X(83)85020-7)

## REFERENCES

1. Voit EI, Udoeneko AA, Kovaleva EV, Makarenko NV, Zemnukhova LA, Beleneva IA. Structure and properties of the molecular complex of antimony(III) fluoride with  $\gamma$ -glycine. *Journal of Structural Chemistry*. 2019;60(4):630–639. <https://doi.org/10.1134/S0022476619040140>
2. Kovaleva EV, Makarenko NV, Udoeneko AA, Zemnukhova LA. Synthesis, structure and properties of antimony(III) fluoride complexes with amino acids. *Vestnik Dal'nевосточного отделения Российской академии наук = Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2019; 6:5–22. <https://doi.org/10.25808/08697698.2019.20.8.6.001> (In Russian)
3. Udoeneko AA, Makarenko NV, Kovaleva EV, Zemnukhova LA. Crystal structure of DL-valinium tetrafluoroantimonate(III) monohydrate. *Journal of Structural Chemistry*. 2018;59(7):1653–1657. <https://doi.org/10.1134/S0022476618070181>
4. Udoeneko AA, Makarenko NV, Kovaleva EV, Zemnukhova LA. Crystal structure of DL-serinium heptafluorodiantimonate(III). *Journal of Structural Chemistry*. 2018;59(6):1421–1426. <https://doi.org/10.1134/S0022476618060240>
5. Benjamin SL, Burt J, Levason W, Reid G, Webster M. Synthesis and structures of antimony trifluoride complexes with N-heterocyclic ligands. *Journal of Fluorine Chemistry*. 2012;135:108–113. <https://doi.org/10.1016/j.jfluchem.2011.09.007>
6. Udoeneko AA, Makarenko NV, Davidovich RL, Zemnukhova LA, Kovaleva EV. Crystal structure of L-leucinium tetrafluoroantimonate(III). *Journal of Structural Chemistry*. 2010;51(3):540–544. <https://doi.org/10.1007/s10947-010-0078-z>
7. Khan M, Gul S, Hussain I, Khan MA, Ashfaq M, Inayat-Ur-Rahman, et al. *In vitro* anti-leishmanial and anti-fungal effects of new Sb(III) carboxylates. *Organic and Medicinal Chemistry Letters*. 2011;1(2). 7 p. <https://doi.org/10.1186/2191-2858-1-2>
8. Udoeneko AA, Davidovich RL, Zemnukhova LA, Kovaleva EV, Makarenko NV. Crystal structure of DL-serinium tetrafluoroantimonate(III). *Journal of Structural Chemistry*. 2010;51(3):540–544. <https://doi.org/10.1007/s10947-010-0078-z>
9. Udoeneko AA, Makarenko NV, Davidovich RL, Zemnukhova LA, Kovaleva EV. Crystal structure of L-leucinium tetrafluoroantimonate(III). *Journal of Structural Chemistry*. 2010;51(5):904–908. <https://doi.org/10.1007/s10947-010-0137-5>
10. Voronkov MG, Pestunovich VA, Albanov AI, Kuznetsova GA, Selbst ÉA, Baryshok VP. 1-Fluoro-2-hydrostibatrane. *Journal of Structural Chemistry*. 2006;47(3):527–531. <https://doi.org/10.1007/s10947-006-0332-6>
11. Zemnukhova LA, Davidovich RL, Udoeneko AA, Kovaleva EV. Sb(III) fluoride complexes with DL-valine. Crystal structure of molecular complex  $SbF_3\{(Ch_3)_2ChCh(+Nh_3)COO\}$ . *Russian Journal of Coordination Chemistry*. 2005;31(2):115–120. <https://doi.org/10.1007/s10947-005-0015-5>

//doi.org/10.1007/S11173-005-0040-3

**12.** Tanski JM, Kelly BV, Parkin G. Multidentate aryloxide and oxo-aryloxide complexes of antimony: synthesis and structural characterization of  $[\eta^4\text{-N}(\text{o-C}_6\text{H}_4\text{O})_3\text{Sb(OSMe}_2\text{)}_2\text{]} \{[\eta^3\text{-N}(\text{o-C}_6\text{H}_4\text{OH})(\text{o-C}_6\text{H}_4\text{O})_2\text{Sb}]_2(\mu^2\text{-O})_2\}$  and  $\{[\eta^3\text{-PhN}(\text{o-C}_6\text{H}_4\text{O})_2\text{Sb}]_4(\mu^3\text{-O})_2\}$ . *Dalton Transactions*. 2005;14:2442–2447. <https://doi.org/10.1039/b505308k>

**13.** Udovenko AA, Zemnukhova LA, Kovaleva EV, Davidovich RL. Crystal structure of monohydrate and anhydrous  $\beta$ -alaninium tetrafluoroantimonates(III). *Russian Journal of Coordination Chemistry*. 2005;31(4):225–229. <https://doi.org/10.1007/s1173-005-0081-7>

**14.** Voronkov M.G., Pestunovich V.A., Zelbst E.A., Kashaev A.A., Fundamenskiy V.S., Albanov A.I., et al. The puzzle of stibatrane:  $(\text{O}\rightarrow\text{Sb}\leftarrow\text{N})\text{-2-Fluoro-6-(2''-hydroxyethyl)-1,3-dioxa-6-aza-2-stibacyclooctane}$  // *Doklady Chemistry*. 2001. Vol. 381. Issue 4-6. P. 344–346. <https://doi.org/10.1023/A:1013316824768>

**15.** Singh AK, Amburosea CV, Jha NK, Sharma P, Cabrera A, Espinosa-Perz G. [Tetra(n-butyl)ammonium] [di( $\mu$ -bromo) bis{dichloro(p-tolyl)antimonate(III)}]: synthesis and crystal structure. *Journal of Chemical Research*. 2000;4:198–199. <https://doi.org/10.3184/030823400103166959>

**16.** Zemnukhova LA, Davidovich RL. 121,123Sb NQR study of antimony(III) fluoride complexes. *Russian Chemical Bulletin*. 1998;47(11):2164–2168. <https://doi.org/10.1007/BF02494273>

**17.** Battaglia LP, Corradi AB, Pelosi G, Canticelli A, Alonso G, Bertazzi N. Crystal and molecular structure of antimony trifluoride-terpyridine 1:1 adduct: a case of pseudo-pentagonal-bipyramidal geometry. *Journal of the Chemical Society, Dalton Transactions*. 1991;11:3153–3155. <https://doi.org/10.1039/DT9910003153>

**18.** Abboud KA, Palenik RC, Palenik GJ, Wood RM. Syntheses and structures of four antimony complexes with planar tridentate pyridine ligands. *Inorganica Chimica Acta*. 2007;360(11):3642–3646. <https://doi.org/10.1016/j.ica.2007.05.007>

**19.** Voronkov MG, Baryshok VP. Metallatranes. *Journal of Organometallic Chemistry*. 1982;239(1):199–249.

**20.** Bradiey DC, Gaur DP, Mehrotra RC. *Metal Alkaloides*. London: Academic Press; 1978. 411 p.

**21.** Müller R. The splitting of the 1-organylsilatranes by metal fluorides. *Organometallic Chemistry Reviews*. 1966;1:359.

**22.** Das R, Pani S. Trichloromonopyridineantimony complex. *Journal of the Indian Chemical Society*. 1954;33:538.

**23.** Keogan DM, Oliveira SSC, Sangenito LS, Branquinha MH, Jagoo RD, Twamley B, et al. Novel antimony(III) hydroxamic acid complexes as potential anti-leishmanial agents. *Dalton Transactions*. 2018;47(21):7245–7255. <https://doi.org/10.1039/C8DT00546j>

**24.** Urgut OS, Ozturk II, Banti CN, Kourkoumelis

N, Manol M, Tasiopoulos AJ, et al. New antimony(III) halide complexes with dithiocarbamate ligands derived from thiuram degradation: The effect of the molecule's close contacts on in vitro cytotoxic activity. *Materials Science and Engineering: C*. 2016;58:396–408. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.08.030>

**25.** Hadjikakou SK, Ozturk II, Banti CN, Kourkoumelis N, Hadjiliadis N. Recent advances on antimony(III/V) compounds with potential activity against tumor cells. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2015;153:293–305. <https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2015.06.006>

**26.** Ozturk I.I., Ürgüt O., Banti C.N., Kourkoumelis N., Owczarzak A.M., Kubicki M., et al. Synthesis, structural characterization and cytostatic properties of N,N-dicyclohexylidithioxamide complexes of antimony(III) halides ( $\text{SbX}_3$ , X: Br or I) // *Polyhedron*. 2014. Vol. 70. P. 172–179. <https://doi.org/10.1016/j.poly.2013.12.025>

**27.** Tiekkink EPT. Anticancer activity of molecular compounds of arsenic, antimony and bismuth. In: Sun H. (ed.) *Biological chemistry of arsenic, antimony and bismuth*. Chichester. UK: John Wiley & Sons Ltd; 2011, chapter 12, pp. 293–310. <https://doi.org/10.1002/9780470975503.ch12>

**28.** Kovaleva EV, Zemnukhova LA. Ecotoxicological properties of antimony (III) complex fluoride compounds. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Khimiya = Tomsk State University Journal of Chemistry*. 2019;13:28–41. (In Russian) <https://doi.org/10.17223/24135542/13/4>

**29.** Adeyemi JO, Onwudiwe DC. Chemistry and Some Biological Potential of Bismuth and Antimony Dithiocarbamate Complexes. *Molecules*. 2020;25(2):305–326. <https://doi.org/10.3390/molecules25020305>

**30.** Pestunovich VK, Kirpichenko SV, Voronkov MG. Silatranes and their tricyclic analogs. In: Saul P, Rappoport Z, Apeloig Y. (eds.). *Chemistry of organic silicon compounds*. Vol 2. Part 2. Chichester: Wiley; 1998, p.1447–1537.

**31.** Sterkhova IV, Smirnov VI, Kuznetsova GA, Zel'bst EA. Crystal and molecular structure of 1-(iodomethyl)- and 1-(iodpropyl)silatranes. *Journal of Structural Chemistry*. 2016;57(1):209–212. <https://doi.org/10.1134/S0022476616010285>

**32.** Hargittai M, Hargittai I. *The molecular geometries of coordination compounds in vapour phase*. (Russ. ed.: Hargittai M, Hargittai I. *Geometriya molekul koordinatsionnykh soedinenii v paroobraznoi faze*. Moscow: Mir; 1976. 248 p.)

**33.** Pauling L. *The nature of the chemical bond*. Ithaca: Cornell University Press; 1960. 644 p.

**34.** Batsanov SS. Atomic radii of the element. *Zhurnal neorganicheskoi khimii = Russian Journal of Inorganic Chemistry*. 1991;36(12):3015–3037. (In Russian)

**35.** Voronov VK, Dudareva OV, Funtikova EA. Research into complexes of triethanolamine with

ZnCl<sub>2</sub> and CdCl<sub>2</sub> using NMR Spectroscopy and Quantum Chemistry methods. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology.* 2020;10(4):548–555. (In Russian) <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2020-10-4-548-555>

36. Курце Е, Лиепиņš Е, Лукевич Е. The conflict

between the conformational properties of the eight-membered heterocycle and trigonal bipyramidal of fire-coordinated silicon in 1,3-dioxa-6-aza-2-silacyclooctanes. *Journal of Organometallic Chemistry.* 1983;248(2):131–147. [https://doi.org/10.1016/0022-328X\(83\)85020-7](https://doi.org/10.1016/0022-328X(83)85020-7)

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Барышок Виктор Петрович,**  
д.х.н., профессор, профессор кафедры  
химической технологии,  
Иркутский национальный исследовательский  
технический университет,  
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,  
Российская Федерация,  
✉ e-mail: baryvik@yandex.ru

**Зельbst Элеонора Абрамовна,**  
к.х.н., доцент кафедры физики,  
Педагогический институт,  
Иркутский государственный университет,  
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1,  
Российская Федерация,  
✉ e-mail: zelbst@rambler.ru

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Viktor P. Baryshok,**  
Dr. Sci. (Chemistry), Professor,  
Chemical Technology Department,  
Irkutsk National Research Technical University,  
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074,  
Russian Federation,  
✉ e-mail: baryvik@yandex.ru

**Eleonora A. Zel'bst,**  
Cand. Sci. (Chemistry), Associate Professor,  
Physics Department,  
Pedagogical Institute,  
Irkutsk State University,  
1, K. Marks St., Irkutsk, 664003,  
Russian Federation,  
✉ e-mail: zelbst@rambler.ru

### Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад  
в подготовку публикации.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта  
интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Поступила в редакцию 02.12.2020.  
Одобрена после рецензирования 14.02.2021.  
Принята к публикации 31.05.2021.

### Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

### Conflict interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

*The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.*

*The article was submitted 02.12.2020.  
Approved after reviewing 14.02.2021.  
Accepted for publication 31.05.2021.*