

УДК 661.

<https://doi.org/10.37827/ntsh.chem.2022.70.177>

Сергій КУРТА¹, Анна РЕГА¹, Лілія ЯРЕМЧУК², Анастасія АЛІЄВА¹

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПВХ КОМПОЗИЦІЙ І МЕХАНІЗМУ ДІЇ В НИХ ПРОМИСЛОВИХ АНТИПІРЕНІВ НА ОСНОВІ Sb₂O₃

¹Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
вул.Шевченка 57, 76018 Івано-Франківськ, Україна.
e-mail: sergiykurta@pnu.edu.ua

²ТзОВ «ТАРКЕТТ ВІНІСІН»
вул. Промислова 10, 77300 Калуш, Івано-Франківська обл., Україна.

За допомогою методик ІЧ-спектроскопії, ДТА-аналізу, дифрактометричного рентгено-люмінесцентного аналізу були проведені дослідження складу та антипірентних властивостей промислових складних антипірентів невідомого складу на основі оксидів сурми. Запропоновано новий механізм їх антипірентної та стабілізуючої дії, враховуючи визначений склад промислових антипірентів, до яких входять оксиди сурми та ідентифікований карбонат кальцію. Були проведені експериментальні дослідження та виконали якісний ІЧ-спектральний аналіз, кількісний розрахунок ІЧ кривих за результатами дослідження промислових зразків антипірентів на основі Sb₂O₃. На підставі аналізу ІЧ-спектра було ідентифіковано у зразках Sb₂O₃ нові органічні речовини. Додатковий термічний розклад всіх зразків, методом ДТА-аналізу для всіх зразків антипірентів Sb₂O₃ починає втрачати леткі речовини і вологу за 50–80°C, де втрати за 500–530°C можуть досягати від 1,97% до 3,7% для 4 зразків. Всі зразки антипірентів, на основі рентгено-флуоресцентної спектроскопії, на дифрактометрі, як було визначено, складаються з двох фаз, двох неорганічних компонентів: антипіренту триоксиду сурми – Sb₂O₃ та додаткового компонента мікрокристалічного карбонату кальцію – CaCO₃ з домішками органічних речовин, у відповідних кількостях. Запропоновано удосконалений хімізм і механізм реакцій стабілізації та антипірентної дії комплексного антипіренту для ПВХ композицій-лінеелеуму, у великому діапазоні температур від 80°C до 1000°C.

Ключові слова: антипіренти, оксиди сурми, карбонат кальцію, механізм.

Вступ

З року в рік збільшується кількість пожеж не лише в Україні, а й у світі. Численні людські жертви та значні матеріальні втрати вкотре свідчать про значущість антипірентів – спеціальних добавок до різних матеріалів, які знижують горючість. В [1] описана взаємодія оксиду сурми з хлоровмісними органічними сполуками в композиціях з поліолефінами, але не наведені дані щодо взаємодії з ПВХ

композиціями. Нами у [2] описано вплив модифікації діоксиду кремнію на горючість, термостабільність і димоутворення ПВХ, а в [3] – властивості ПВХ матеріалів у присутності різних наповнювачів. Але отриманих додаткових даних [4] було недостатньо, щоб описати механізм взаємодії промислових антипіренів на основі Sb_2O_3 в полімерних ПВХ композиціях для лінолеуму.

Експериментальна частина

Провели експериментальні дослідження якісного та кількісного аналізу, визначили склад чотирьох зразків антипіренів Sb_2O_3 невідомого складу, які використовують на діючому підприємстві ТзОВ «ТАРКЕТТ ВІНІСІН» у місті Калуш Івано-Франківської області України.

На першому етапі провели експериментальні дослідження, виконали якісний ІЧ-спектральний аналіз на ІЧ-Фур'є спектрометрі ALPHA II, та кількісний розрахунок ІЧ кривих за результатами дослідження чотирьох зразків антипіренів на основі Sb_2O_3 .

На другому етапі були проведені експериментальні дослідження, якісний і кількісний ДТА (диференційно-термічний аналіз) на фотореєструючому дериватографі системи Паулік-Ерде в інтервалі температур 25–1000°C за стандартною методикою в ІХП НАН України, провели розрахунок ДТА, ДТГ (диференційно термічної гравіметрії) і ТГ(термогравіметричних) кривих за результатами дослідження чотирьох зразків антипіренів на основі Sb_2O_3 . Результатом аналізу є ТГ-криві, що будуються у координатах маси наважки – температура або маси наважки – час. Для інтерпретації результатів ТГ-аналізу необхідна обробка ТГ-кривих. Зокрема, похідна від ТГ-сигналу (швидкість зміни маси), яка надається кривою ДТГ, дає змогу визначити момент часу або температуру, за якої зміна ваги відбувається найшвидше. У синхронному ТГ-ДТА/ДТГ аналізі одночасно вимірюється зміна теплового потоку і маси зразка як функція від температури або часу, зазвичай у цьому випадку використовується контрольована атмосфера. Такий синхронний аналіз не тільки збільшує продуктивність вимірювань, а й спрощує інтерпретацію результатів завдяки можливості відокремити ендо- та екзотермічні процеси, які не супроводжуються зміною маси (наприклад, фазові переходи) від тих, за яких відбувається зміна маси (наприклад, дегідратація).

На третьому етапі провели експериментальні дослідження якісного та кількісного аналізу та визначення складу 4-х зразків антипіренів Sb_2O_3 , за допомогою дифрактометра Shimadzu XRD-7000 (схема θ - 2θ), оснащеного рентгенівською трубкою Cu-K α ($\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$), що працює на 30 кВ і 40 мА, в Прикарпатському національному університеті. Виконали розрахунок їхнього молекулярно-масового складу.

Результати та обговорення

Спочатку було проаналізовано і вивчено фізико-хімічні характеристики чотирьох різних зразків антипіренів на основі триоксиду сурми Sb_2O_3 1, 2, 3, 4. Всі ці зразки антипіренів надало підприємство ТзОВ «ТАРКЕТТ ВІНІСІН» міста Калуш, Івано-Франківської області України. Їхні характеристики наведено в табл. 1. Аналізуючи дані, подані в табл. 1, можна сказати таке:

- зразок 2 у своєму складі не містить органічних речовин, які не ідентифікуються під час прожарювання його за 900°C 1 год, а вміст вологи (H_2O) і

- летких речовин не перевищує допустимі норми 0,39% втрат під час висушування за 105°C протягом 2 год;
- наявність у зразках 1, 3 великої кількості втрат під час прожарювання за 900°C 1 год, а саме 11,54% і 16,8%, відповідно, свідчить про наявність в їхньому складі органічних домішок за мінімального вмісту вологи та летких речовин за 105°C 2 год. І коливаються від 0,39–0,49%, відповідно.

Таблиця 1

Характеристики промислових антипіренів ТзОВ «ТАРКЕТТ ВІНІСІН»

Table 1

Characteristics of industrial flame retardants of TARKETT VINISIN LLC

Аналітичні характеристики зразків антипіренів Sb ₂ O ₃					
Номер за пор.	Назва показників	1-Sb ₂ O ₃	2-Sb ₂ O ₃	3-Sb ₂ O ₃	4-Sb ₂ O ₃
1	pH 4% вод. диспер.	7,9	7,8	8,1	7,9
2	Насипна вага, г/л	75	72	81	76
3	Вміст H ₂ O, 105°C, %	0,39	0,39	0,49	0,43
4	Втрати прок. 900°C%	11,54	0,001	16,8	13,5
5	Питома поверхня, S м ² /г	0,51	1,45	1,56	0,58

Для визначення якісного складу трьох різних зразків антипіренів Sb₂O₃ було проведено якісний і кількісний аналіз хімічного складу зразків на ІЧ-Фур'є спектрометрі ALPHA II. Отримали й описали ІЧ-спектри трьох зразків Sb₂O₃, результати яких зображені на ІЧ-спектрограмі рис. 1.

З рис. 1 видно, що кожен із трьох зразків антипіренів Sb₂O₃ різний за ІЧ-аналізом, але має подібні властивості.

Основою для всіх зразків є триокис сурми Sb₂O₃ [7], але з різним вмістом основної речовини: перший зразок Sb₂O₃ містить 44% інтенсивності поглинання в області валентних коливань зв'язків (-Sb-O-) при 700 см⁻¹ інтенсивністю H=1,4 в складі 1-Sb₂O₃; другий зразок Sb₂O₃ містить 59% інтенсивності поглинання в області валентних коливань зв'язків (-Sb-O-) при 710 см⁻¹ інтенсивністю H=0,85 в складі 2-Sb₂O₃; третій зразок Sb₂O₃ містить 25% інтенсивності поглинання в області валентних коливань зв'язків (-Sb-O-) при 710 см⁻¹ інтенсивністю H=0,52 в складі 3-Sb₂O₃. Тобто, можна сказати, що зразок Sb₂O₃ 2 містить найменшу кількість домішок – 41% інших речовин. Водночас зразок 1 містить 56% домішок інших речовин, а зразок 3 містить до 75% інших речовин, кількісний і якісний склад яких буде визначено іншими методами й описано в цій статті.

Крім того, на основі ІЧ-спектра можна буде ідентифікувати у зразках 1,3-Sb₂O₃ органічні речовини з частотою деформаційних коливань (C-H) зв'язків вуглеводневого ланцюга в області 1409 см⁻¹ вуглеводнів, яких немає в зразку Sb₂O₃ 2. Третій висновок, який можна зробити з аналізу ІЧ-спектрів є те, що зразок Sb₂O₃ 3 має ІЧ частоту валентних коливань 870 см⁻¹ зв'язку (C-Cl) інтенсивністю H=0,28 в хлорорганічних сполуках, які можуть використовувати як синергісти разом зі Sb₂O₃ [8].

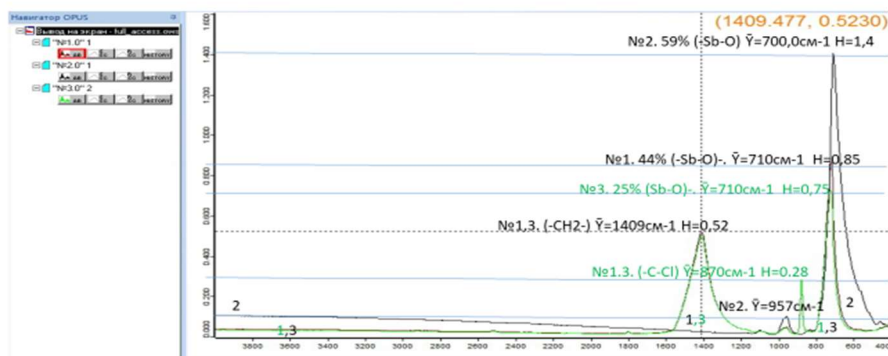


Рис.1. ІЧ спектр зразків 1, 2, 3 антипірену Sb_2O_3 на ІЧ Фур'є спектрометрі ALPHA I.

Fig. 1. IR spectrum of samples #1, 2, 3 of flame retardant Sb_2O_3 on the ALPHA I Fourier transform spectrometer.

В подальшому були проведені точніші експериментальні дослідження, виконали якісний і кількісний ДТА – диференційно-термічний аналіз та розрахунок ДТА, ДТГ(диференційно термічної гравіметрії) і ТГ(термогравіметричних) кривих за результатами дослідження трьох зразків антипіренів на основі Sb_2O_3 . Було проаналізовано і вивчено характеристики трьох різних зразків антипіренів на основі триоксиду сурми Sb_2O_3 1, 2, 3, які надало ТЗОВ «ГАРКЕТТ ВІНІСІН» з характеристиками від виробника, які наведені в табл. 1.

Для визначення якісного складу трьох різних зразків антипіренів Sb_2O_3 було проведено кількісний ДТА – диференціально термічний аналіз термохімічної стійкості зразків на спеціальному приладі ДТА-аналізаторі в ІФХ НАН України. Було отримано й описано криві ДТА, ДТГ(диференційно термічної гравіметрії) і ТГ (термогравіметричних) -діаграми трьох зразків Sb_2O_3 , результати яких зображено на порівняльній діаграмі рис. 2.

Для аналізу механізму дії антипіренів додатково детально проаналізували криві ТГ-термогравіметрії (ДТА) втрати ваги зразків 1, 2, 3 Sb_2O_3 під час термічного розкладу, який зображено на рис. 3.

Аналізуючи дані, зображені на рис. 2 і 3, можна сказати таке:

1. термічний розклад всіх зразків антипіренів Sb_2O_3 з втратою летких речовин і води починається за $50-80^{\circ}C$ (рис. 2, 3), проте ці втрати за $500-530^{\circ}C$ можуть досягати 1,97% (чорна крива ТГ) для зразка 1, 2; 44% (синя крива ТГ) для зразка 3; і найбільше 3,7% для зразка 2 (червона крива);
2. досягнувши температури $500-530^{\circ}C$, відбувається аномальне зростання-відновлення ваги для всіх зразків антипіренів Sb_2O_3 майже на ті самі величини за мінусом 0,45–0,49% для зразків 1, 3. Для зразка Sb_2O_3 2 приріст ваги відновлюється повністю на 3,7% (рис. 3). Можливо, що у цьому випадку відбувається така реакція перетворення триоксиду сурми в п'яти окис сурми Sb_2O_5 , де збільшується маса зразків, реакція 1:

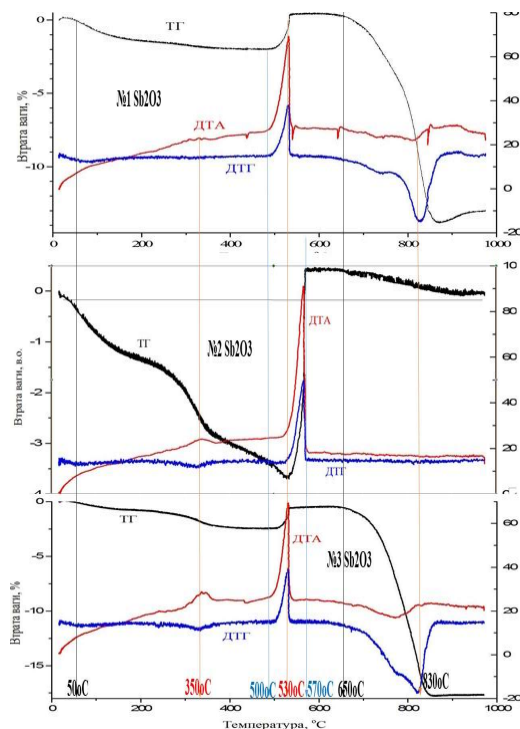
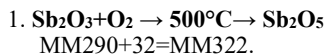


Рис. 2. Порівняльні ДТА – червона крива, ДТГ – синя крива, і ТГ – чорна крива, залежності зміни маси зразків Sb_2O_3 1, 2, 3, характеристики яких наведено в табл. 2.

Fig. 2. Comparative DTA – red curve, DTG – blue curve, and TG – black curve, dependences of mass change of Sb_2O_3 samples 1, 2, 3, the characteristics of which are presented in tab. 2.

Теоретичний приріст ваги завдяки збільшенню молекулярної маси мав би становити $X=9,9\%$, а практичний, як бачимо, значно менший $1,47\text{--}3,7\%$. Отже, реакція відбувається не повністю. В подальшому, нагріваючи зразки антипіренів до $900\text{--}1000^\circ\text{C}$, що відповідає температурі відкритого полум'я – горіння зразків, зразок 2, який містив чистий оксид сурми ($98,8\% \text{Sb}_2\text{O}_3$), не змінює свою масу (рис. 3). А зразки 1, 3 втрачають свою вагу, на $13,84\%$ – 1 (чорна крива) та $17,79\%$ 3 (синя крива), очевидно, розкладаючись під час нагрівання на вихідні складові, позаяк у їхньому складі, як ми виявили раніше, є $15\text{--}20\%$ іншої домішки, яка розкладається за $650\text{--}850^\circ\text{C}$ (рис. 3) [9]. Додатково аналізуючи порівняльні криві ДТА і ДТГ зразків 1, 2, 3 на рис. 2, можна сказати так:

1. зразки антипіренів Sb_2O_3 1, 3 починають працювати (проявляти свої антипіренні властивості при екзотермічному піку розкладу за $500\text{--}530^\circ\text{C}$. Але від 650°C до 850°C зразки 1, 3 розкладаються і втрачають $13\text{--}17\%$ своєї первинної ваги, яка потім вже до 1000°C не змінюється;

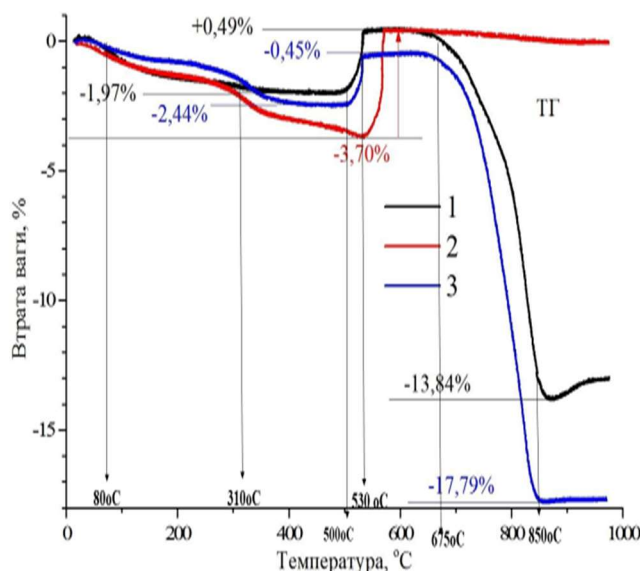


Рис. 3. Порівняльні криві ТГ при ДТА-аналізі залежності зміни маси зразків антипіренів: Sb_2O_3 1 – чорна крива; 2 – червона крива; 3 – синя крива.
 $\text{Sb}_2\text{O}_3 + \text{O}_2 = \text{Sb}_2\text{O}_5$ MM290+32=MM322 $\chi=9,9\%$.

Fig. 3. Comparative TG curves during DTA analysis of the dependence of the mass change of flame retardant samples: Sb_2O_3 #1 – black curve; #2 – red curve; #3 – blue curve.
 $\text{Sb}_2\text{O}_3 + \text{O}_2 = \text{Sb}_2\text{O}_5$ MM290+32=MM322 $\chi=9,9\%$.

- зразок антипірену Sb_2O_3 2 починає працювати за вищої температури 530–570°C і в подальшому під час нагрівання не втрачає свої характеристики до 1000°C. Отже, зразок антипірену 1 має основну кількість речовини Sb_2O_3 1 85–87% Sb_2O_3 та додатково містить – 15–13% невідомої домішки;
- зразок антипірену 3 має основну кількість речовини Sb_2O_3 3 80–83% Sb_2O_3 та додатково містить – 17–18% невідомої домішки. Зразок антипірену 2 має основну кількість речовини Sb_2O_3 2 98,8–99,8% – та 0,1–1% домішок.

Для більш точного якісного та кількісного аналізу складу трьох зразків антипіренів Sb_2O_3 необхідно було виконати рентгено-люмінесцентний аналіз. Так ми провели додаткові експериментальні дослідження якісного та кількісного аналізу, визначили склад 4-х зразків антипіренів Sb_2O_3 за допомогою дифрактометра Shimadzu XRD-7000, розрахували їхній молекулярно-масовий склад. Проаналізували і вивчили характеристики 4 різних зразків антипіренів на основі триокису сурми Sb_2O_3 . Всі ці зразки антипіренів надало ТзОВ «ТАРКЕТТ ВІНІСІН», характеристики яких подано в табл. 1.

Для якіснішого та кількісного аналізу, а також визначення складу зразків антипіренів Sb_2O_3 було виконано фазовий склад зразків, за допомогою дифрактометра Shimadzu XRD-7000 (схема $\theta-2\theta$), оснащеного рентгенівською трубкою $\text{Cu-K}\alpha$ ($\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$), що працює на 30 кВ і 40 мА, в Прикарпатському національному

університеті. Повне уточнення профілю методом Рітвельда виконали за допомогою програмного забезпечення FullProf, що дало змогу провести точний якісний і кількісний спектроскопічний аналіз 4-х зразків антипіренів, розрахувати їх молекулярно-масовий склад і визначити формули компонентів, що входять до їхнього складу. Результати дифракційного, якісно-кількісного аналізу зображені на рис. 4, 5, 6, 7.



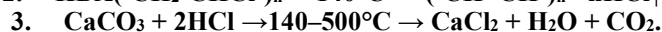
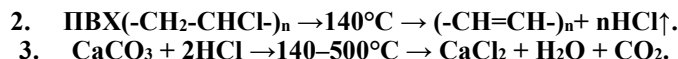
Рис. 4. Дифрактограма зразка 1 Sb_2O_3 , склад 74% Sb_2O_3 + 26% CaCO_3 .

Fig. 4. Diffractogram of sample #1 Sb_2O_3 , composition 74% Sb_2O_3 + 26% CaCO_3 .

Для точного аналізу фазового складу зразків антипіренів на основі оксидів сурми було використано прилад Expert 3L (<http://inam.kiev.ua/expert3l/>) рентгенофлуоресцентної спектроскопії та дифрактометр Shimadzu XRD-7000, характеристики яких подані в табл. 2. Отже, аналізуючи дані дифрактограм, зображені на рис. 4, 5, 6, 7, можна зробити такі висновки. Зразки 1, 3, 4, складаються з двох фаз неорганічних компонентів, а саме антипірену триокису сурми – Sb_2O_3 та додаткового компонента мікрокристалічного карбонату кальцію- CaCO_3 з домішками органічних речовин, у відповідних кількостях [10], а зразок 2 є чистим триокисом сурми (100%), характеристики яких подано в табл. 2.

Враховуючи отримані експериментальні дані, можемо передбачити механізм термостабілізуючої й антипірентної дії наведених зразків антипіренів на основі оксиду сурми і в ПВХ за відповідними реакціями.

Карбонат кальцію може взаємодіяти з хлористим воднем при термічному розкладі та горінні ПВХ за такими реакціями 2–7:



При подальшому нагріванні та горінні ПВХ матеріалу в реакцію хемосорбції вступає триокис і п'ятиокис сурми, з утворенням відповідних хлоридів сурми, як леткі сполуки видаляються, випаровуються з зони реакції вже від 260–300°C:

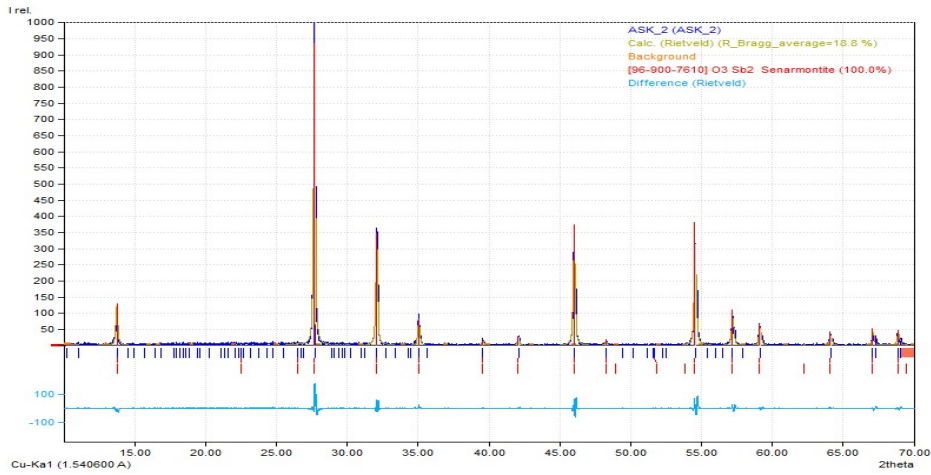


Рис. 5. Дифрактограма зразка 2 Sb_2O_3 , склад 100% Sb_2O_3 .

Fig. 5. Diffraction pattern of sample 2 Sb_2O_3 , composition 100% Sb_2O_3 .

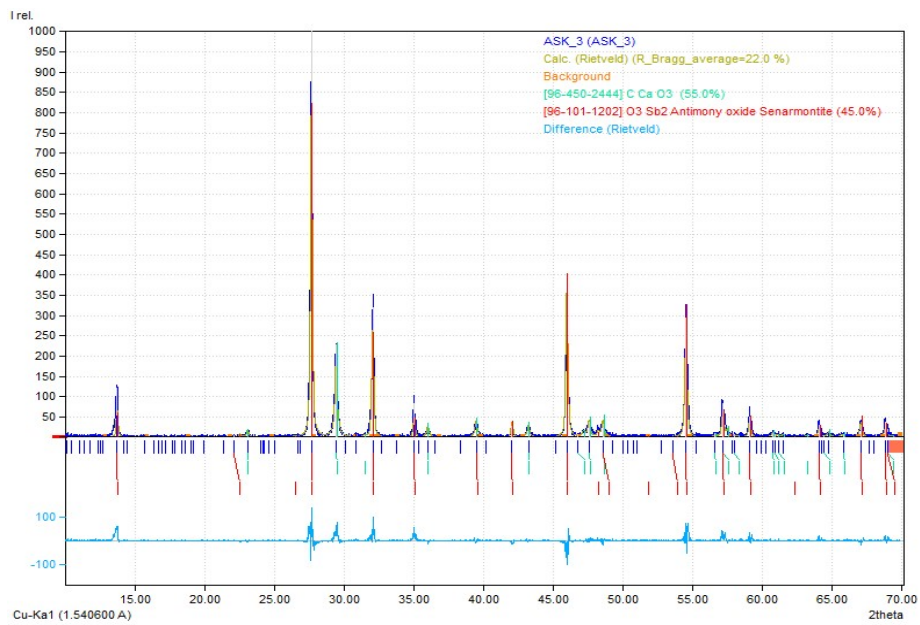


Рис. 6. Дифрактограма зразка 3 Sb_2O_3 , склад 45% Sb_2O_3 + 55% CaCO_3 .

Fig. 6. Diffraction pattern of sample 3 Sb_2O_3 , composition 45% Sb_2O_3 + 55% CaCO_3 .

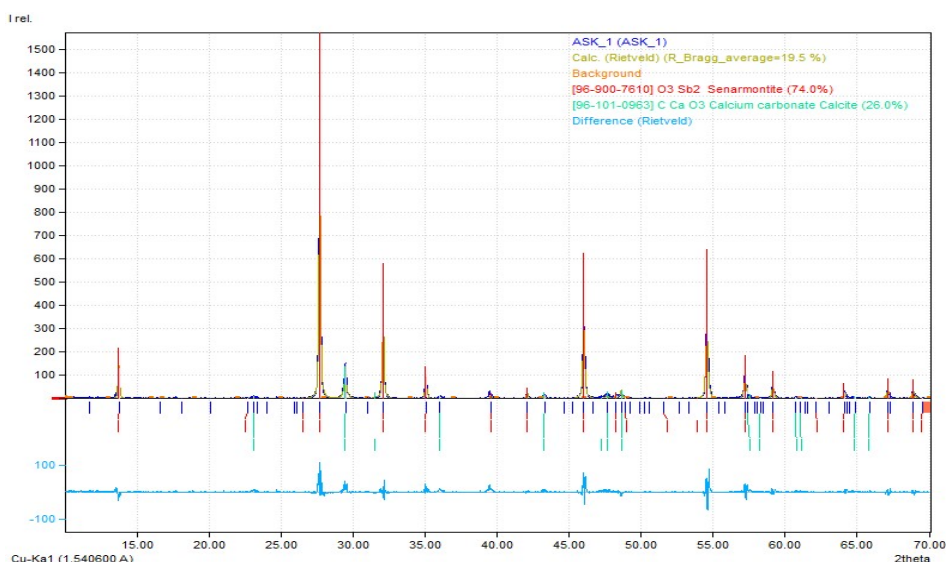


Рис. 7. Дифрактограма зразка 4 Sb_2O_3 , склад 72% Sb_2O_3 + 28% CaCO_3 .

Fig. 7. Diffraction pattern of sample 4 Sb_2O_3 , composition 72% Sb_2O_3 + 28% CaCO_3 .

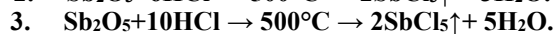
Таблиця 2

Фазовий склад неорганічних речовин у зразках антипіренів 1, 2, 3, 4 на основі рентгено-флуоресцентної спектроскопії аналізу

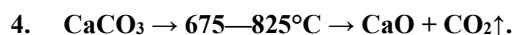
Table 2

Phase composition of inorganic substances in flame retardant samples No. 1, 2, 3, 4 based on X-ray fluorescence spectroscopy analysis

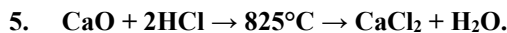
Номер за пор.		Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4
1	Вміст Sb_2O_3 , %	74,0	100,0	45,0	72,0
2	Вміст CaCO_3 + орг. реч., %	26,0	0,0	55,0	28,0



За подальшого нагрівання та горіння ПВХ матеріалу понад 675°C , за даними ДТА аналізу, описаного в анотаційному звіті 2, починає розкладатися карбонат кальцію, з виділенням оксиду кальцію і вуглекислого газу, який подавляє горіння, позаяк ізолює матеріал від кисню в повітрі.



Додатково з оксиду кальцію і хлористого водню може йти утворення хлориду кальцію:



Висновки

1. Ми провели експериментальні дослідження та виконали якісний ІЧ-спектральний аналіз, кількісний розрахунок ІЧ кривих за результатами дослідження чотирьох зразків антипіренів на основі Sb_2O_3 . На підставі аналізу ІЧ-спектра було ідентифіковано у зразках Sb_2O_3 органічні речовини з частотою деформаційних коливань (C–H) зв'язків вуглеводневого ланцюга в області 1409 cm^{-1} вуглеводнів. Ще один зразок Sb_2O_3 3 містить частоту 870 cm^{-1} валентних поглинання зв'язку (C–Cl) інтенсивністю $H=0,28$ в хлорорганічних сполуках, які можуть використовуватися як синергісти разом зі Sb_2O_3 .
2. Термічний розклад всіх зразків, ДТА-аналізом антипіренів Sb_2O_3 починає втрачати леткі речовини і вологу за $50\text{--}80^\circ\text{C}$, де ці втрати при $500\text{--}530^\circ\text{C}$ можуть досягати $1,97\% - 3,7\%$ для 4 зразків. Зразок антипірену Sb_2O_3 2 починає працювати як антипірен за вищої температури $530\text{--}570^\circ\text{C}$ і в подальшому під час нагрівання не втрачає свої характеристики до 1000°C . Так можна передбачати, що зразок антипірену 1 має основну кількість речовини Sb_2O_3 1 $85\text{--}87\%$ Sb_2O_3 та додатково містить $15\text{--}13\%$ невідомої домішки.
3. Зразки антипіренів, на основі рентгено-флуоресцентної спектроскопії, на дифрактометр і Shimadzu XRD-7000 складаються з двох фаз неорганічних компонентів, а саме антипірену триоксиду сурми – Sb_2O_3 та додаткового компонента мікрокристалічного карбонату кальцію – CaCO_3 з домішками органічних речовин, у відповідних кількостях $13\text{--}15\%$.
4. Запропоновано удосконалений хімізм і механізм реакцій стабілізації та антипірної дії комплексного антипірену для ПВХ композицій-лінелеуму у великому діапазоні температур від 80°C до 1000°C .

ЛІТЕРАТУРА

1. Fadeev S.S. and co-authors. Interaction of antimony oxide with chlorine-containing organic compounds in polyolefin compositions. Magazine of the Navy. 1985. Vol. AXXV11(3). P. 543–549.
2. Kaidarova R.V., Artemova T.A., Surnyn E.G., Ponomareva E.A., Vorob'eva I.M., Tarasov V.A., Kurta S.A. Influence of modification of silica on the flammability, thermal stability and smoke formation of polyvinyl chloride. Aviation materials. 1988. Moscow, P. 89–92.
3. Kurta S.A., Chuiko A.A., Khaber N.V., Novokshonova L.A. The synthesis and properties of filled polyvinyl chloride. Polymer Sci. 1985. Vol. 27(6). P. 1414–1422. ([https://doi.org/10.1016/0032-3950\(85\)90286-2](https://doi.org/10.1016/0032-3950(85)90286-2)).
4. Kurta S.A., Kurganskyi V.S. Analysis of PVC by chromatography and DTA. Collect. of abstracts of reports of the 3rd Intern. Symp. on the analysis of polymers and their characteristics, Czechoslovakia, Brno, July 22–27, 1990, Art. R-B-50.
5. Flame retardants. https://vitahim.ru/catalog/syre_dlya_pererabotki_pvkh/antipireny/2008 (in Russian).
6. Fedeyev S.S., Maiorova N.Z., Surtayev A.F., Rumyantsev V.D., Bogdanova V.V., Lesnikovich A.I. A study of the reaction of antimony oxide with chlorine-containing organic compounds in

- polyolefin compositions. *Polymer Sci.* 1985. Vol. 27(3). P. 607–6514. (in Russian). ([https://doi.org/10.1016/0032-3950\(85\)90243-6](https://doi.org/10.1016/0032-3950(85)90243-6)).
7. Combustion of polymers and materials reducing their combustibility. October 16, 2021/ LLC "POLIKONTA-P", Republic of Belarus, Minsk, (in Russian).
 8. *Nikolaes V.G. and other.* Electrical insulating composition, Patent RU No. 2272330. Pub. 07/05/2004 (in Russian).
 9. *Borukaev T.A. and other.* Influence of molybdenum compound on fire resistance and physical and mechanical properties of PVC compound. *Plastics.* 2017. Vol. 11–12. P. 35–39. (in Russian).
 10. Flame retardants for PVC. US patent. No. 4098748. C08K3/20..1978.

SUMMARY

Sergiy KURTA, Anna REGA, Liliya YAREMCHUK, Anastasia ALIYEVA

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF PVC COMPOSITIONS AND THE MECHANISM OF ACTION OF INDUSTRIAL FLAME RETARDANTS BASED ON Sb_2O_3

*Department of Chemistry of Vasyl Stefanyk Prykarpattia National University,
Shevchenko St., 57, 76018 Ivano-Frankivsk, Ukraine.
e-mail: sergiykurta@pnu.edu.ua.*

*TARKETT VINISIN, TOV
Promyslova Str., 10, 77300 Kalush, Ivano-Frankivska obl., Ukraine.*

In the article, with the help of IR-spectroscopy, DTA-analysis and diffractometric X-ray luminescence analysis, our studies of the composition and flame-retardant properties of industrial complex flame retardants of unknown composition based on antimony oxides were carried out, and a new mechanism of their flame-retardant and stabilizing action was proposed based on the determined composition of industrial flame retardants, which include antimony oxides and calcium carbonate identified by us. In the work, experimental studies were carried out and qualitative IR spectral analysis and quantitative calculation of IR curves based on the results of the study of industrial samples of flame retardants based on Sb_2O_3 were performed. Based on the analysis of the IR spectrum, new organic substances were identified in the Sb_2O_3 samples. Additional thermal decomposition of all samples by DTA analysis for all samples of Sb_2O_3 flame retardants begins to lose volatile substances and moisture at 50–80°C, while losses at 500–530°C can reach from 1.97% to 3.7% for 4 samples. Your flame retardant samples, based on X-ray fluorescence spectroscopy, on a diffractometer, as it was determined, consist of two phases, two inorganic components, namely antimony trioxide – Sb_2O_3 and an additional component of microcrystalline calcium carbonate – $CaCO_3$ with impurities of organic substances, in appropriate quantities. The work proposed an improved chemistry and reaction mechanism of stabilization and flame retardant action of complex flame retardant for PVC-linoleum compositions, in a large temperature range from 80°C to 1000°C

Keywords: flame retardants. antimony oxides, calcium carbonate, mechanism.

Стаття надійшла 02.08.2022.
Після доопрацювання 02.09.2022.
Прийнята до друку 30.09.2022.