

ще більший ($\Delta\delta = 0.38$ м.ч. та $\Delta\delta = 0.28$ м.ч., відповідно), що можна пояснити більш ковалентним характе-

ром зв'язку метал-ліганд в срібних солях у порівнянні з натрієвими солями.

Таблиця

Положення деяких характеристичних смуг поглинання в ІЧ спектрах та значення хімічних зсувів в ЯМР ^1H та ^{31}P спектрах лігандів і їх солей

Сполука	Частота коливання (cm^{-1})				Хімічний зсув (δ , м.ч.)	
	$\nu(\text{N-H})$	$\nu(\text{S=O})$	$\delta(\text{S=O})$	$\nu(\text{P=O})$	^1H	^{31}P
HL^1	2980	1330	1100	1185	CH_2 : (8H) 2.92 CH_3 : (12H) 1.02 ($J_{\text{P-H}} = 7.2$ Гц) C_6H_5 : (H_β) 7.95 ($J_{\text{H-H}} = 8$ Гц) ($\text{H}_{\alpha,\gamma}$) 7.55	м 6.66 ($^3J_{\text{P-H}} = 6.5$ Гц)
NaL^1	-	1210 ($\Delta = 120$)	1040 1075	1130 ($\Delta = 55$)	CH_2 : (8H) 2.86 CH_3 : (12H) 0.88 ($J_{\text{P-H}} = 6.8$ Гц) C_6H_5 : (H_β) 7.77 ($\text{H}_{\alpha,\gamma}$) 7.33	м 10.16 ($^3J_{\text{P-H}} = 11,3$ Гц)
AgL^1	-	1270 ($\Delta = 60$)	1090 1060	1150 ($\Delta = 35$)	CH_2 : (8H) 2.65 CH_3 : (12H) 0.64 ($J_{\text{P-H}} = 8.0$ Гц) C_6H_5 : (H_β) 7.56 ($\text{H}_{\alpha,\gamma}$) 7.05	м 14.94
HL^2	2930	1330	1140 1120	1200	CH_2 : (8H) 2.99 CH_2 : (8H) 3.48 C_6H_5 : (H_β) 7.94 ($J_{\text{H-H}} = 7.2$ Гц) ($\text{H}_{\alpha,\gamma}$) 7.57	п 6.65 ($^3J_{\text{P-H}} = 6.5$ Гц)
NaL^2	-	1230 ($\Delta = 100$)	1120 1140	1170 ($\Delta = 30$)	CH_2 : (8H) 2.84 CH_2 : (8H) 3.37 C_6H_5 : (H_β) 7.8 ($\text{H}_{\alpha,\gamma}$) 7.37	ушир. сигнал 7.25
AgL^2	-	1260 ($\Delta = 70$)	1110	1180 ($\Delta = 20$)	CH_2 : (8H) 2.60 CH_2 : (8H) 3.10 C_6H_5 : (H_β) 7.55 ($\text{H}_{\alpha,\gamma}$) 7.08	м 10.19

Зсув сигналів фосфору в спектрах ^{31}P натрієвих солей NaL^1 та NaL^2 в порівнянні з спектрами нейтральних лігандів у більш слабке поле ($\Delta\delta = 3.5$ м.ч. та $\Delta\delta = 0.6$ м.ч., відповідно) може обумовлюватися перерозподілом електронної густини в хелатному вузлі при депротонуванні та її зменшенням на атомах фосфору. В спектрах срібних солей AgL^1 та AgL^2 зсув сигналів фосфору в слабке поле ще більший ($\Delta\delta = 8.28$ м.ч. та $\Delta\delta = 3.54$ м.ч., відповідно). Даний факт свідчить про більший ковалентний зв'язок в Ag-L ніж в Na-L .

Висновки. Синтезовано два нових представника сполук бензолсульфонамідного типу *N*-[біс(диетил-аміно)фосфорил]-бензолсульфонамід та *N*-(диморфолін-4-ілфосфорил)бензолсульфонамід, їх натрієві та срібні солі. Останні можуть бути використані для синтезу нових координаційних сполук, а присутність кількох

координаційних центрів в потенційних лігандах дозволяє очікувати утворення бі- та поліядерних комплексів.

Робота виконана за підтримки Державного фонду фундаментальних досліджень (ДФФД) МОН України (проект F25/560-2007).

1. Курсанов, А.В., Егорова, Н.П. Анилиды алкилсульфонамидофосфорных кислот // Журн. общей хим. – 1959. - №29. – С. 1587-1589. 2. Курсанов, А.В., Фещенко, Н.Г. Производные N-фосфорных кислот нитробензолсульфамидов // Журн. общей хим. – 1959. - №29. – С. 4085-4088. 3. Курсанов, А.В., Шевченко, В.И. Диалкильные эфиры арилсульфонамидофосфорных кислот // Журн. общ. хим. – 1954. - №24. – С. 882-887. 4. Оямада, К., Моримура, С. Синтез азиридиновых соединений. Синтез производных арилсульфониламины // Реф. журн. хим. – 1962. - №11Ж - С. 195. 5. Boudjabi, S., Dewynter, G., Montero J-L. Synthesis of N-phosphorylsulfates (as pyrophosphate and carbamylphosphate analogues) through an imidate-amidate rearrangement // Synlett. – 2000. - №5. – P. 716-718.

Надійшла до редколегії 12.02.08

УДК 614.7, 628.5

І. Лабунська, ст. наук. співроб., М. Слободяник, д-р. хім. наук, проф., К. Брігден, канд. хім. наук

ВИЗНАЧЕННЯ РЕЧОВИН, ЩО ПОТРАПЛЯЮТЬ ДО НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА У МІСЦЯХ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ЕЛЕКТРОНІКИ. ЧАСТИНА 2. ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

Методом газової хроматографії-мас-спектрометрії (GC/MS) проведено ідентифікацію органічних сполук, вилучених із зразків навколишнього середовища, що зазнали впливу підприємств з переробки відходів електроніки, розташованих у Китаї та Індії. Основними групами органічних сполук антропогенного характеру, знайдених у зразках пилу, ґрунтів та донних осідань, були представники класу галогеновмісних сполук, такі як поліхлоровані біфеніли, поліхлоровані бензоли, полібромовані діфеніли ефіри та хлоровмісні пестициди. Деякі зразки також містили бромовмісні бензоли, поліхлоровані нафталіни, поліциклічні сілоксани, фталати та фосфорорганічні сполуки.

The GC/MS identification of organic compounds was performed on the environmental samples which have been affected by the processing of electronic wastes in China and India. The main groups of anthropogenic organic compounds, which were found in the samples of dust, soil and sediments, were represented by the classes of halogenated compounds including polychlorinated biphenyls, polychlorinated benzenes, polybrominated diphenyl ethers and chlorinated pesticides. Some samples also contained brominated benzenes, polychlorinated naphthalenes, polycyclic siloxanes, phthalate esters and organophosphorus compounds.

Вступ. Багато речовин, що входять до складу електронних виробів, є токсичними, тому переробка та за-

хоронення відходів електроніки (що представляють собою електронні вироби, які застаріли та вийшли з

користувіння) викликають все більше занепокоєння. Токсичні речовини можуть вивільнитись з відходів електроніки під час їх утилізації та захоронення і потрапляти до навколишнього середовища, що може загрожувати здоров'ю людей як прямим, так і побічним чином. Присутність таких відомих стійких органічних забруднювачів, як полібромовані діфеніл ефіри (БДЕ), інгібітори горіння, що і зараз широко використовуються в електронній промисловості, поліхлоровані біфеніли (ПХБ), що використовувались як охолоджувачі у трансформаторах та конденсаторах або як інгібітори горіння в поліхлорвінілових пластмасах, та багато інших сполук є очікувані у відходах електроніки. ПХБ – речовини, що швидко розповсюджуються в навколишньому середовищі, вони здатні накопичуватись у тканинах живих організмів, досягаючи концентрацій, у декілька тисяч разів більших, ніж у навколишньому середовищі [3;15]. ПХБ проявляють широкий спектр токсичних ефектів, що включають порушення імунної, нервової та репродуктивної систем, пошкодження печінки, а також ПХБ можуть сприяти виникненню онкологічних захворювань [19;20]. Деякі з представників БДЕ, особливо пентабромовані ізомери, також здатні накопичуватись в живих організмах [22;23]. Вони можуть впливати на нормальний розвиток мозку та на роботу гормональної та імунної систем у тваринах [7;17]. З метою визначення кола забруднювачів, що потрапляють до об'єктів навколишнього середовища, було проведено відбір зразків поблизу міста гуїю у провінції гуангдонг на півдні Китаю та в передмісті Нью Делі в Індії. Ці зразки включали промислові відходи, піл всередині приміщень, ґрунти, річкові донні осідання, та ґрунтові води у типових місцях демонтажу, переробки та послідуочого захоронення відходів електроніки в обох країнах. Детальний опис зразків та місць їх відбору, а також результати аналізу зразків на вміст металів представлено в попередній публікації [1]. У даній публікації представлені результати аналізу та ідентифікації органічних забруднювачів у зразках пилу, ґрунтів та донних осідань, проведених у Дослідницьких Лабораторіях ґрінпіс, розташованих в Університеті м.Ексітер, Велика Британія.

Реагенти та апаратура. Всі хімічні реагенти були кваліфікації Aristar, BDH, Велика Британія (найвищої чистоти, придатні для аналізу слідових кількостей речовин). Весь хімічний посуд спочатку мили у розчині детергенту Decon 90, потім промивали водопровідною та деіонізованою водою, замочували у розчині 10 % нітратної кислоти на 10-12годин, знову промивали деіонізованою водою, висушували при температурі 105 °С, потім промивали трьома порціями пентану та висушували при кімнатній температурі. Аналіз зразків після відповідної підготовки (дивись нижче) проводився методом газової хроматографії-мас-спектрометрії (GC/MS), застосовуючи газовий хроматограф Agilent Series 6890 з програмним забезпеченням Agilent Enhanced Chem-Station Data System та мас-спектрометр Agilent 5973N Inert, який працював у режимі електронної йонізації у діапазоні m/z 150-800. Всі зразки аналізували як методом Total Ion Chromatogram (TIC) для отримання повних хромато-мас-спектрів сполук, так і методом Selective Ion Monitoring (SIM), який застосовували для додаткового підтвердження ідентифікації основних органічних забруднювачів, хромато-мас-спектри та час елювання яких були отримані на вище зазначеній апаратурі за тих же умов, що і для зразків. Параметри GC/MS аналізу були наступними: капілярна колонка Agilent HP-5MS довжиною 30м, 0.25 мм діаметр, 0.25 мкм товщина фази; газ носій – гелій, швидкість потоку 1 мл/хв. Температурна програма печі газового хроматографа: 35 °С (2 хв.) – 20 °С/хв до

260 °С – 6 °С до 320 °С (10 хв); температура інжектора – 280 °С. Ідентифікацію органічних сполук проводили шляхом комп'ютерного порівняння хромато-мас-спектрів, отриманих у TIC режимі, з базою спектральних даних Agilent Wiley7N Library та Agilent Pesticides Library, які містять понад 390 тисяч хромато-мас-спектрів, в поєднанні з експертною інтерпретацією. Стандартні сполуки для аналізу у SIM режимі включали: хлоробензоли (від моно- до гексахлоро-), хлорофеноли (від моно- до пентахлоро-), хлоровмісні пестициди (ДДТ та його метаболіти; діхлорофос; альфа-, бета-, гама- та дельта-гексахлороциклогексани; атразін; гептахлор; алдрін; діелдрін; метоксихлор; ендосульфат; хлордан), поліхлоровані біфеніли (від три- до октахлоро-) та полібромовані діфеніл ефіри (від тетра- до гексахлоро-). Ідентифікація гепта- та октабромодіфеніл ефірів проводилась шляхом порівняння спектральних характеристик та схеми фрагментації з літературними даними [25]. Хлоробензоли, хлорофеноли та хлоровмісні пестициди були виробництва Sigma Aldrich Co. Ltd. та Supelco, Велика Британія, поліхлоровані біфеніли та полібромовані діфеніл ефіри – Wellington Laboratories, USA.

Методика підготовки зразків. Кожний зразок було гомогенізовано у ступці (без попереднього висушування), потім приблизно 30 грамів зразку було перенесено у 100 мл реагентну пробірку та визначена його точна маса. Перед екстракцією до зразка додавали перший внутрішній стандарт - дейтерований нафталін - у концентрації 4.7 мг/кг для перевірки якості екстракції, яка коливалась у межах 60-95 % в залежності від типу зразка. Пробірку закривали, ретельно струшували протягом 1 хвилини та залишали для встановлення рівноваги на 1 годину. Потім у пробірку добавляли 15 мл пентану та 5 мл ацетону у разі, якщо зразок був вологим, або 20 мл пентану для сухого зразка. Після цього пробірку поміщали для екстракції на 2 години в ультразвукову ванночку при температурі 67 °С. По закінченні екстракції та охолодження пробірок до кімнатної температури, отримані екстракти були профільтровані через попередньо промиті пентаном гідрофобні фільтри для розділення водної та органічної фаз та зібрані у 30 мл реагентні пробірки. Після цього зразки були підкислені до рН 2 розчином 10 % азотної кислоти, друга порція суміші пентану/ацетону або тільки пентану була додана до зразку, і екстракцію проводили повторно. Обидва отримані екстракти були об'єднані та концентровані до об'єму приблизно 3 мл під дією потоку аналітично чистого азоту, який був направлений у пробірки через скляні трубочки (не торкаючись поверхні екстракту). До концентрованого екстракту додавали 3 мл ізопропанолу та 3 мл свіжо-приготовленого реагенту ТБА (суміш 3 % тетрабутиламонію гідросульфату та 20 % безводного сульфату натрію у деіонізованій реагентній воді) та активно струшували протягом 1 хвилини. Потім додавали 20 мл деіонізованої води та залишали суміш для розділення водної та органічної фаз. Органічна фаза була перенесена на попередньо промиту пентаном колонку з боросилікатного скла, наповнену сорбентом Florisil. Колонку з екстрактом промивали сумішшю пентан:толуол 95:5, очищений екстракт був концентрований до об'єму приблизно 1.5 мл. Другий внутрішній стандарт, 1-бромонафталін, додавали до очищеного екстракту у концентрації 10 мг/л, та доводили об'єм екстракту до 2 мл пентаном. Аналіз кожного зразка включав перевірку сигналу 1-бромонафталіну, інтенсивність якого була в межах $\pm 10\%$ для кожної серії аналізів.

Результати та їх обговорення. Спектр органічних сполук, що були ідентифіковані у зразках пилу, ґрунтів та донних осідань, відобразив історичне або сучасне забруднення навколишнього середовища речовинами, що

використовуються у виробництві електричних або електронних товарів. З найбільшою частотою зустрічались речовини, що відносяться до класу інгібіторів горіння, включаючи БДЕ, ПХБ та, в деяких випадках, ефіри фосфорної кислоти. БДЕ широко використовуються як інгібіруючі горіння добавки до пластмас та пінопластиків, включаючи пластикові корпуси електронного обладнання [18]. Існують три типові комерційні суміші БДЕ: "пента-БДЕ" (тобто, суміш, збагачена пентабромованими ізомерами), "окта-БДЕ" (в основному представлена октабромованими ізомерами) та "дека-БДЕ" (майже виключно декабромодифеніл ефір). майже всі зразки, в яких були знайдені БДЕ в цьому дослідженні, містили тетра- та пента-БДЕ ізомери у відносно більшій кількості, ніж ізомери з більш високим числом бромовання. На Рис.1 представлена хроматограма ізомерів БДЕ, одержана при SIM аналізі зразку донних осідань Д11, що був відібраний з каналу біля цеха подрібнення відходів електроніки поблизу м.гую у Китаї. Перші шість піків на хроматограмі (час елювання 14.9 – 16 хвилин) представлені тетрабромодифеніл ефірами, з яких пік БДЕ-47 був найбільш інтенсивним. Наступні вісім піків (час елювання 16.2 – 18.2 хвилин) мали тип фрагментації, типовий для пентабромодифеніл ефірів. Пік БДЕ-99 мав найбільшу інтенсивність поміж пентабромованих ізомерів.

Інший клас бромовмісних сполук, ізомери ді- та трибромобензолів, були знайдені в одному з зразків донних осідань Д14, відібраний з каналу відходів поблизу цеха подрібнення відходів електроніки. Відомо [6], що бромобензоли можуть утворюватись під час термічної переробки відходів електроніки, що містять бромовані інгібітори горіння.

Різноманітні ізомери ПХБ були також ідентифіковані у багатьох зразках пилу, ґрунтів та донних осідань, хоча виробництво ПХБ було заборонено у 1977 році, коли докази про біоаккумуляцію цих речовин та їх небезпечні властивості стали безперечними [3]. Підраховано, що принаймі третина всієї кількості ПХБ, що була вироблена за всі роки, зараз знаходиться в об'єктах навколишнього середовища [24]. Решта залишається в старому обладнанні та на звалищах відходів, з яких вони продовжують потрапляти до навколишнього середовища (наприклад, коли застаріле обладнання розбирають, переробляють або просто викидають). На Рис.2 представлена хроматограма ізомерів ПХБ, одержана при SIM аналізі зразку ґрунту г09, що був відібраний поблизу цеху ручного демонтажу принтерів, розміщений у селищі Нанянґ у Китаї. 54 ізомери ПХБ були ідентифіковані в цьому зразку (від моно- до гептахлорованих ізомерів), з яких найбільш інтенсивними були ПХБ-28, ПХБ-52, ПХБ-101, ПХБ-105, ПХБ-138 та ПХБ-153.

Хлоровмісні бензоли були знайдені у великій кількості зразків пилу, ґрунтів та донних осідань, особливо в зразках ґрунтів з Китаю. Ці сполуки, особливо ді-, три- та гексахлоровані форми, мають різноманітний спектр застосування, включаючи їх використання як розчинників (наприклад, в комерційних ПХБ), а також як проміжні реагенти для синтезу інших сполук, таких як антиоксиданти, пестициди, фарби, пігменти та багато інших [4]. гексахлоробензол, одина з найтоксичніших сполук поміж хлоровмісних бензолів, мав найвищу частоту знаходження серед сполук, визначених у зразках ґрунтів з Китаю, 78 % яких містили цю сполуку.

Таблиця

Інші групи органічних сполук антропогенної природи та частота їх знаходження у зразках навколишнього середовища у місцях переробки відходів електроніки в Індії та Китаю. Р (рідко <25 % зразків), Ч (часто 25-75 % зразків), Д (дуже часто >75 % зразків), н/з - не знайдено.

Країна	Індія		Китай	
	Пил	ґрунт	ґрунт	Донні осідання
Фосфорорганічні сполуки				
<i>tris</i> -(метилфеніл)фосфат	н/з	н/з	н/з	Р
монофеніл дітоліл фосфат	н/з	н/з	н/з	Р
монотоліл діфеніл фосфат	н/з	н/з	н/з	Р
Трифеніл фосфат	н/з	н/з	н/з	Р
Фталати				
Ді- <i>ізо</i> -бутил фталат	н/з	н/з	Р	Р
Дібутил фталат	н/з	Р	Р	Р
<i>bis</i> (2-етилгексил) фталат	н/з	Р	Р	Ч
Бутилбензил фталат	н/з	н/з	н/з	Р
Діетил фталат	н/з	н/з	н/з	Р
Ді- <i>ізо</i> -ноніл фталати	н/з	н/з	н/з	Р
Фенольні сполуки				
2,5-Диметилфенол	н/з	н/з	н/з	Р
2-(1-метилетил)фенол	н/з	н/з	н/з	Р
4-метилфенол	н/з	н/з	н/з	Р
Нонілфенол	н/з	н/з	н/з	Р
2,6- <i>bis</i> (1,1-диметилетил)-4-метилфенол	н/з	н/з	н/з	Р
Поліциклічні сілоксани				
Декаметилциклопентасілоксан	Ч	Ч	н/з	н/з
Октаметилциклотетрасілоксан	Ч	Ч	н/з	н/з

Поліхлоровані нафталіни (ПХН) були знайдені в одному зразку пилу з Індії та в декількох зразках ґрунтів та донних осідань з Китаю. Ці сполуки були попередниками ПХБ і використовувались як діелектрики в конденсаторах, як присадки у гальванічних процесах, як ізолюючий матеріал в електричних кабелях [8;9;26]. Незважаючи на те, що ПХН були виключені з використання в 1960-70 роках, вони все ще залишаються у виробках з великим терміном використання як домашнього, так і промислового та лабораторного обладнання.

Хлоровмісні пестициди також були присутні у деяких зразках. мірекс був знайдений у 44 % зразків ґрунтів та в 43 % зразків донних осідань з Китаю, в той час як ДДТ з його метаболітами найчастіше були присутні у зразках ґрунтів з Індії. Незважаючи на те, що мірекс більш відомий як пестицид, він також широко використовувався як інгібітор горіння (під торговою назвою "Дехлоран") в пластиках, гумі, фарбах, папері та електротоварах [2]. Великомасштабне виробництво мірексу продовжувалось до 1976 року, хоча його використання

як інгібітора горіння припинилось у 1972 році. Об'єми присутності мірексу в застарілому електричному і електронному устаткуванні у всьому світі не відомі. Присутність ДДТ та його метаболітів у зразках з Індії скоріше за все обумовлена його повсюдним використанням у боротьбі з переносниками інфекцій в цій країні.

Ще один представник речовин, що використовуються як інгібітори горіння, трифеніл фосфат (ТФФ), був знайдений в одному із зразків донних осідань з Китаю. Ця сполука відома як присадка до фенольних та феніленоксидних смол [11]. Також ТФФ застосовують як пластифікатор у фотоплівках та як компонент гидравлічних рідин. Основним джерелом надходження ТФФ до навколишнього середовища є вилуговування його з полімерів, в яких він присутній [5]. Відомо, що ТФФ є токсичною речовиною як для акватичних організмів [11], так і для людини [5;21].

Деякі ефіри фталієвої кислоти, або фталатів, було ідентифіковано у зразках ґрунтів та донних осідань (таблиця). Найчастіше зустрічався *bis*(2-етилгексил) фталат, особливо в зразках донних осідань з Китаю (частота знаходження 36 %). Фталати мають широкий спектр використання, але домінуючим є їх застосування як пластифікаторів у пластмасах, особливо полівінілхлоридних (наприклад, при виробництві кабелів та інших еластичних виробів). Серед усіх фталатів, *bis*(2-етилгексил) фталат мав найширше застосування, що привело до його накопичення в об'єктах навколишнього середовища та в живих організмах. Досліджено, що *bis*(2-етилгексил) фталат є репродуктивним токсином, що здатний впливати на розвиток чоловічих статевих органів [10].

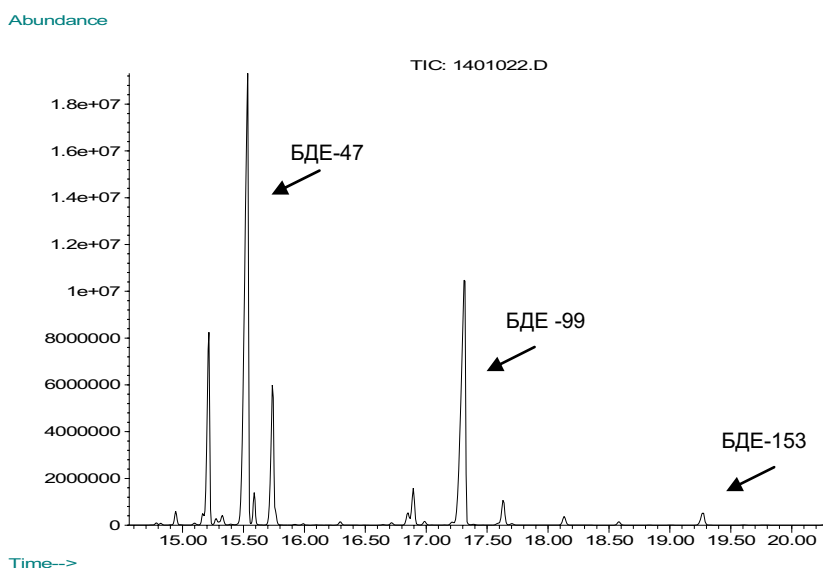


Рис. 1. SIM хроматограма ізомерів БДЕ, ідентифікованих у зразку донних осідань Д11. місто гуїю, Китай.

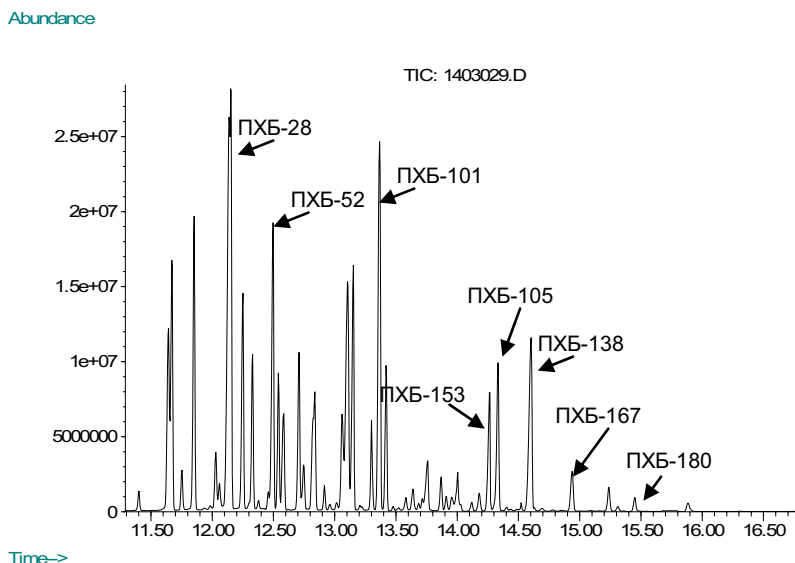


Рис. 2. SIM хроматограма ізомерів ПХБ, ідентифікованих у зразку ґрунту g09. Селище Нанянґ, Китай.

Зразки донних осідань з Китаю також містили речовини з класу фенольних сполук (Таблиця 1), серед яких нонілфенол зустрічався у 21 % випадків. Похідні нонілфенолу використовуються як антиоксиданти в деяких пластмасах. Нонілфенол токсична сполука, яка має естрогенну активність, тобто здатна імітувати натура-

льні естрогени, що приводить до порушення статтевого розвитку деяких організмів. Яскравим прикладом такої дії нонілфенолу є фемінізація популяцій риб [12;13;14].

В зразках пилу та ґрунтів з Індії досить часто зустрічались похідні циклічних сілуксанів (таблиця). Органічні сілуксан-вмісні речовини, включаючи декаметилциклопентасі-

локсан, використовуються в мікроелектронній промисловості для виробництва сілікон-діоксидної плівки [27]. Деякі з речовин цього класу є гепатотоксичними [16].

Додатково необхідно зазначити, що деякі зразки, особливо ті, що були відібрані з каналів, куди скидають відходи з цехів переробки електроніки, містили речовини, які неможливо було достовірно ідентифікувати. Хромато-мас-спектри цих невідомих сполук були характерними для хлоро- або бромо-вмісних органічних сполук, що підтверджується співвідношенням інтенсивностей головних ізотопних піків [25]. Ці зразки, поміж інших, містили низку галогеновмісних сполук, включаючи різноманітні ізомери хлорованих бензолів, хлорованих нафталінів, та бромованих діфеніл ефірів. Враховуючи примітивність технологій, що застосовуються при переробці електроніки в цьому секторі, ймовірно утворення додаткових галогеновмісних сполук в результаті неповного спалювання або спонтанних хімічних реакцій, що можуть виникати в таких комплексних сумішах відходів.

Висновки. Результати даного дослідження підтверджують, що переробка електричних або електронних відходів є джерелом надходження токсичних органічних речовин у навколишнє середовище. У зразках ґилу, ґрунтів та донних осідань, що були відібрані з місць переробки відходів електроніки, були ідентифіковані органічні речовини, які використовуються у виробництві електричних або електронних виробів, включаючи різноманітні інгібітори горіння, пластифікатори та інші присадки до пластиків. Велике занепокоєння викликає присутність у цих зразках широкого спектру токсичних галогеновмісних сполук, серед яких найчастіше зустрічались бромовані діфеніл ефіри, поліхлоровані біфеніли та хлоровані бензоли.

1. Слободяник, М., Лабунська, І., Бригден, К. Визначення речовин, що потрапляють до навколишнього середовища у місцях переробки відходів електроніки. Частина 1. метали // Вісн. Київ. ун-ту ім. Т. Шевченка. – 2007. – Т. 45. – С. 53. 2. ATSDR. Toxicological Profile for Mirex and Chlordane // United States Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry – Atlanta, 1995. 3. ATSDR. Toxicological profile for polychlorinated biphenyls (PCBs) // United States Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry – Atlanta, 2000. 4. ATSDR. Toxicological profile for hexachlorobenzene // United States Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry – Atlanta, 2002. 5. Carlsson, H., Nilsson, U., Becker, G., et al. Organophosphate ester flame retardants and plasticizers in the indoor environment: Analytical methodology and occurrence // Environmental Science & Technology. – 1997. – Vol. 31, №10. – P. 2931-2936. 6. Chien, Y.-C., Wang, H.P., Lin, K.-S., et al. Fate of bromine in pyrolysis of printed circuit board wastes // Chemosphere. – 2000. – Vol. 40. – P. 383-387. 7. Eriksson, P., Viberg, H., Ankarberg, E., et al. Polybrominated diphenylethers (PBDEs): a novel class of environmental neurotoxicants in our environment // In: Asplund, L.; Bergman, A.; de Wit, C., et al. eds. Proceedings of the

Second International Workshop on Brominated Flame Retardants, BFR 2001. – Stockholm, 2001. – P: 71-73. 8. Falandysz, J. Polychlorinated naphthalenes: an environmental update // Environmental Pollution. – 1998. – Vol. 101. – P. 77-90. 9. Hayward, D. Identification of bioaccumulating polychlorinated naphthalenes and their toxicological significance // Environmental Research Section. – 1998. – Vol. A76. – P. 1-18. 10. Hoppin, J.A. Male reproductive effects of phthalates: an emerging picture // Epidemiology. – 2003. – Vol. 14, №3. – P. 259-260. 11. IPCS. Triphenyl Phosphate, Environmental Health Criteria 111 // International Programme on Chemical Safety. – UNEP/ILO/WHO, ISBN 92 4 157111 X. – 1991. 12. Jobling, S., Coey, S., Whitmore, J.G., et al. Wild intersex roach (*Rutilus rutilus*) have reduced fertility // Biology of Reproduction. – 2002. – Vol. 67, №2. – P. 515-524. 13. Jobling, S., Reynolds, T., White, R., et al. A variety of environmentally persistent chemicals, including some phthalate plasticizers, are weakly estrogenic // Environmental Health Perspectives. – 1995. – Vol. 103, №6. – P. 582-587. 14. Jobling, S., Sheahan, D., Osborne, J.A., et al. Inhibition of testicular growth in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to estrogenic alkylphenolic chemicals // Environmental Toxicology and Chemistry. – 1996. – Vol. 15, №2. – P. 194-202. 15. Jones, A., Hedgecott, S., Zabel, T.F. Information related to proposed "Red List" substances // WRC Report PRU 1901-M/2. – 1988. – 73PP. 16. McKim, Jr. J. M., Wilga, P. C., Kolesar, G. B., et al. Induction of hepatic phase I and phase II metabolizing enzymes in the female fischer 344 rat by cyclic siloxanes // Toxicology Letters. – 1998. – Vol. 95, Supplement 1. – P. 101. 17. Meerts, I.A., Letcher, R.J., Hoving, S., et al. In vitro estrogenicity of polybrominated diphenyl ethers, hydroxylated PBDEs and polybrominated bisphenol A compounds // Environmental Health Perspectives. – 2001. – Vol. 109, №4. – P. 399-407. 18. OECD. Technical guidance for the environmentally sound management of specific waste streams: used and scrap personal computers // Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) Working Group on Waste Prevention and Recycling. – 2003. – ENV/EPOC/WGWP(2001)3/FINAL. 19. Rice, D.C. Behavioral impairment produced by low-level postnatal PCB exposure in monkeys // Environmental Research. – 1999. – Section A 80. – P. S113-S121. 20. Safe, S.H. Polychlorinated biphenyls // IN: Kroschwitz, J.I. & Howe-Grant, (Eds). The Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Fourth Edition. – Wiley-Interscience, N.Y. – 1993. – Vol. 6. – P.127-139. 21. Sanchez, C., Ericsson, M., Carlsson, H., et al. Determination of organophosphate esters in air samples by dynamic sonication-assisted solvent extraction coupled on-line with large-volume injection gas chromatography utilizing a programmed-temperature vaporizer // Journal of Chromatography. – 2003. – Vol. A 993, №1-2. – P. 103-110. 22. She, J., Winkler, J., Visita, P., et al. Analysis of PBDEs in seal blubber and human breast adipose tissue samples // Organohalogen Compounds. – 2000. – Vol. 47. – P. 53-56. 23. Strandman, T., Koistinen, J., Kiviranta, H., et al. Levels of some polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in fish and human adipose tissue in Finland // Organohalogen Compounds. – 1999. – Vol. 40. – P. 355-358. 24. Swedish EPA. Persistent Organic Pollutants. A Swedish view of an International Problem // Text: Claes Bernes. – 1999. – ISBN 91-620-1189-8. 25. Tu, C., Prest, H.F. Determination of polybrominated diphenyl ethers in polymeric materials using the 6890 GC/ 5973N inert MSD with electron impact ionization // Application Note 5989-2850EN. Environmental. Component Testing. Agilent Technologies Inc. Printed in the USA. April 5, 2005. 26. Weistran, C., Lundén, A., Norén, K. Leakage of polychlorinated biphenyls and naphthalenes from electronic equipment in a laboratory // Chemosphere. – 1992. – Vol. 24, №9. – P. 1197-1206. 27. Zajickova, L., Janca, J., Perina, V. Characterization of silicon oxide thin films deposited by plasma enhanced chemical vapour deposition from octamethylcyclotetrasiloxane/oxygen feeds // Thin Solid Films. – 1999. – Vol. 338, №1-2. – P. 49-59.

Надійшла до редколегії 20.02.08

УДК 543.2, 542.61, 611.185.1

В. Старова, асп., М. Щербина, студ., С. Куліченко, канд. хім. наук

ФАЗОУТВОРЕННЯ У РОЗЧИНАХ АНІОННОЇ ПАР ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТУ НАТРІЮ У ПРИСУТНОСТІ ПОЛІЕЛЕКТРОЛІТІВ

Досліджено закономірності формування фаз з розчинів додецилсульфату натрію у присутності добавок катіонного поліелектроліту полігексаметиленуанідиний хлориду. З'ясовано вплив додатків поліакрилової кислоти, желатину, неіонної ПАР ОП-7 та інших гідротропів на параметри фазоутворення у системі. Знайдено оптимальні концентраційні та температурні умови отримання фаз на основі ДДСН для цілей концентрування.

The regularities of formation of surfactant-rich phases from the solutions of sodium dodecylsulphate at the presence of cationic polyelectrolyte polyhexamethyleneguanidine chloride were investigated. The influence of polyacrylic acid, gelatin, nonionic surfactant OP-7 and other hydrotropic additions on the conditions of surfactant-rich phase formation was studied. The optimal concentration and temperature conditions for the preconcentrating of the microcomponents by surfactant-rich phases were found.

Вступ. Міцелярна екстракція фазами поверхнево-активних речовин (ПАР) є методом концентрування мікрокомпонентів, що найбільш інтенсивно розвивається останнім часом [11; 19]. Перспективність застосування міцелярної екстракції зумовлена досягненням високих коефіцієнтів абсолютного концентрування при викорис-

танні невеликих об'ємів проби, здатністю фази ПАР вилучати гідрофобні, гідрофільні та іонні речовини, можливістю сполучення з різними фізико-хімічними методами аналізу [3; 15]. Найбільш використовуваним у практиці аналізу для концентрування мікродомішок є фазоутворення у розчинах неіонних ПАР при температурі помут-