

Особливості ідентифікації кисневмісних розчинників на об'єктах дослідження, що не піддавалися горінню

Катерина Руднева

завідувач лабораторії криміналістичних та військових досліджень, Національний науковий центр «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса» Міністерства юстиції України, м. Харків, Україна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7676-749X>

Тетяна Філоненко

старший судовий експерт, Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України, м. Київ, Україна, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9502-7702>

Розглянуто особливості ідентифікації залишків легкозаймистих рідин на об'єктах дослідження. Показано, що визначення походження таких речовин потребує врахування варіативності їх складу, продуктів горіння й обмежень сучасних аналітичних методів. Окрему увагу приділено кисневмісним розчинникам, які містять спирти, етери й кетони як основні компоненти. Проаналізовано підходи, що застосовуються і міжнародній практиці, зокрема відповідно до стандарту ASTM E 1618. Обґрунтовано доцільність застосування методу мікроекстракції на сорбенті (MEPS) у поєднанні з газовою хроматографією–мас-спектрометрією (GC-MS), що дає змогу підвищити ефективність виявлення та ідентифікації летких компонентів легкозаймистих рідин.

Ключові слова: легкозаймисті рідини; газова хроматографія; мас-спектрометрія; GC-MS; MEPS; мікроекстракція; кисневмісні розчинники; судово-хімічний аналіз; ідентифікація речовин.

Peculiarities of Identification of Oxygen-containing Solvents on Research Objects that Were not Subjected to Combustion

Kateryna Rudnieva, Tetiana Filonenko

The study addresses the identification of ignitable liquid residues in investigated samples. It is shown that determining the origin of such substances requires consideration of their compositional variability, combustion products, and the limitations of modern analytical methods. Particular attention is paid to oxygenated solvents, which typically contain alcohols, ethers, and ketones as major components. Approaches used in international practice are reviewed, including those based on ASTM E1618. The applicability of microextraction by packed sorbent (MEPS) combined with gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS) is substantiated, demonstrating improved efficiency in the detection and identification of volatile components of ignitable liquids.

Keywords: ignitable liquids; gas chromatography; mass spectrometry; GC-MS; MEPS; microextraction; oxygenated solvents; forensic chemical analysis; substance identification.

Ідентифікація залишків легкозаймистих рідин на об'єктах дослідження — складне завдання, яке потребує широких знань про продукти, що містять легкозаймисті рідини, продукти горіння, а також розуміння обмежень, які застосовуються під час користування аналітичними методами.

Знання варіантів складу різноманітних легкозаймистих рідин, які представлені на ринку, необхідні для ідентифікації речовин на об'єктах, представлених на дослідження.

Кисневмісні розчинники містять основні кисневмісні компоненти, такі як спирти, етери та/або кетони. Інші типи компонентів (наприклад алкани, ароматичні сполуки або дистильатні фракції) можуть бути присутні,

але не обов'язково як основні компоненти). Ці об'єкти можуть використовуватися як розчинники або розріджувачі в різноманітних цілях. Докладна інформація щодо сфери застосування визначається виробником і наведена в технічних умовах на кожний продукт.

Склад чисельних варіантів легкозаймистих рідин і типові фонові речовини добре описані в іноземній літературі [1, 2]. Також в іноземних джерелах можна натрапити на деякі настанови, які описують критерії для ідентифікації таких рідин на поверхні зразків, наданих на дослідження. Іноземні фахівці, які займаються дослідженнями, пов'язаними з ідентифікацією легкозаймистих рідин на поверхні об'єктів, часто застосовують як



базовий документ міжнародно визнаний стандарт *ASTM E 1618 Standard Test Method for Ignitable Liquid Residues in Extracts from Fire Debris Samples by Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (Стандартний метод випробувань для виявлення залишків легкозаймистих рідин в екстрактах з пожежного сміття методом газової хроматографії мас-спектроскопії).

Для пошуку та ідентифікації легкозаймистих рідин методом *GC-MS* [3] останнім часом знайшло широке використання шприців для ручного вводу проби із сорбентом (*MEPS — microextraction by packed sorbent*). Це спеціальний шприц, у який інтегровано сорбент (адсорбент міститься всередині голки або каналу шприца). Як сорбент використовують різні речовини, такі як активоване вугілля, полімерні матеріали (ПМ), наноматеріали тощо, що дає змогу краще утримувати леткі речовини.

Використання таких шприців під час проведення досліджень дає змогу значно сконцентрувати слідові кількості речовин, зменшити фонові забруднення й підвищити ефективність і чутливість самого методу [4].

На практиці дослідження проводилися із приладом *Shimadzu GC-MS-QP 2020* з програмним забезпеченням *LabSolutions Insight™*, обладнаним капілярною колонкою марки *Rtx-5MS* (фірма *Restek*) з 5 % дифеніл, 95 % диметил полісілоксаном, як стаціонарною фазою низької полярності. Параметри хроматографічної колонки: довжина — 30 м, внутрішній діаметр — 0,25 мм, товщина плівки стаціонарної фази — 0,25 мкм. Температурна програма колонки: ізотерма 32°C протягом 5 хв, далі 2 град/хв до 60°C, далі 30 град/хв до 270°C, ізотерма 270°C протягом 8 хв. Досліджувані проби були паровою фазою над відповідними об'єктами, яка об'ємом майже 1 мкл інjektувалася у випарник хроматографа з температурою 250°C, що працював у режимі поділу інжекції (*split mode*) зі співвідношенням 1:30.

Нижче наведена хроматограма, отримана з газової фази вилучення на верхньому одязі особи, яка підозрюється в підпалі, отримані за допомогою шприца *MEPS* (полімер). *TIC*-хроматограми газової фази з предметів одягу наведені на рис.

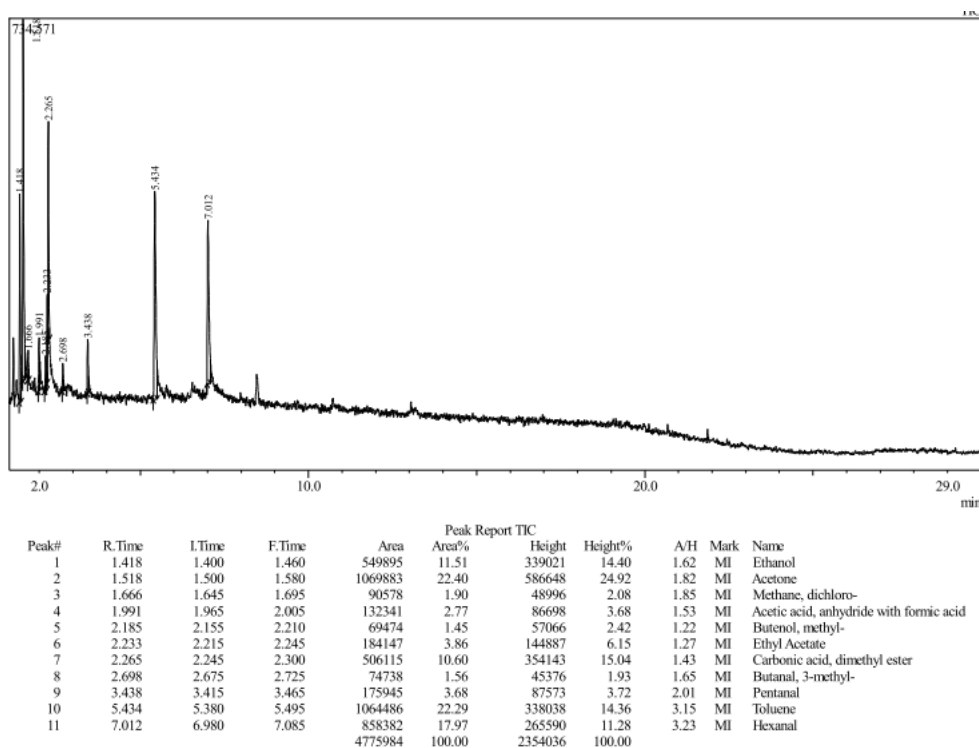


Рис. *TIC*-хроматограма газової фази з предметів одягу



Застосування шприца MEPS під час проведення експертиз, пов'язаних з вірогідним підпалом, підвищує аналітичну чутливість і розширює можливості визначення походження компонентів легкозаймистих речовин.

Перелік джерел посилання

1. Hendrikse J., Grutters M., Schäfer F. Identifying ignitable liquids in fire debris: a guideline for forensic experts. Amsterdam: Elsevier (Academic Press), 2016.
2. Niessen W. M. A. (ed.). Current practice of gas chromatography-mass spectrometry. *Chromatographic science series*. 2001. Vol. 86.
3. Yinon J. (ed.). Forensic applications of mass spectrometry. Boca Raton, 1995.
4. Martins R., Borsatto J., Will C., Lanças F. Advancements in Microextraction by Packed Sorbent: Insights into Sorbent Phases and Automation Strategies. *Separations*. 2025. Vol. 12 (1). DOI: 10.3390/separations12010011 (дата звернення: 10.04.2026).