

# Тема 4: Криміналістичний аналіз сміття



# План:

- Огляд процесу.
- Збір зразків
- Класифікація горючих рідин
- Вогнебезпечні рідини на основі нафти
- Легкозаймісті рідини на не нафтовій основі
- Виділення залишку
- Підготовка зразка
- Аналіз зразків та інтерпретація даних
- Забезпечення якості
- Висновки







# Огляд процесу



Аналіз сміття вогнем можна розділити на чотири основні та послідовні етапи: збір, видобуток, аналіз та інтерпретація. Кожен має вирішальне значення для отримання точних та значущих результатів. Кожен має конкретні міркування, які, якщо їх не вирішити, можуть мати серйозний вплив на лабораторні висновки та наслідки для загального дослідження.







## Збір

Відбір

Упакування



## Видобуток

Визначення

Параметри



## Аналіз

Контрольно-вимірювальний

Технічний



## Інтерпретація

Класифікація ЛР

Матричні внески



- **Прискорювачі** - запальні матеріали, як правило, легкозаймисті рідини, які використовуються для навмисного та навмисного розпалювання або поширення вогню.
- **Легкозаймиста рідина** - це просто рідина, яка легко згорає.
- Наше сучасне середовище завалене випадковими займистими рідинами; кілька прикладів включають деревні плями, вугільні закваски, фарби на масляній основі, паливо, інсектицидні розчинники, миючі розчинники, мастики, плямозахисники та гідроізолятори.
- Хоча прискорювач найчастіше є рідиною, що займається, горючі рідини, виявлені в ході розслідування пожежі, фактично не є прискорювачами.
- Будь-яке джерело виділення теплової енергії, незалежно від температури і часу існування, називають **тепловим джерелом**.
- Наприклад, радіатори центрального опалення, трубопроводи водяного опалення, сірник, що горить, полум'я свічі і т.п. - усе це теплові джерела.



# Збір зразків

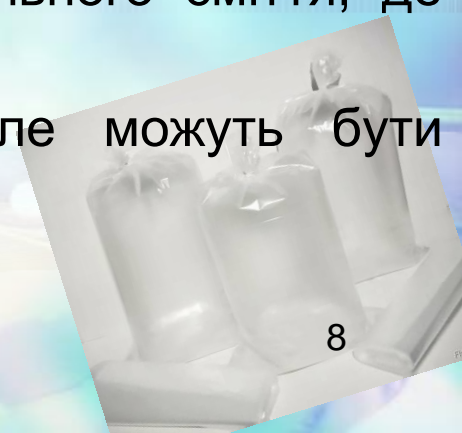
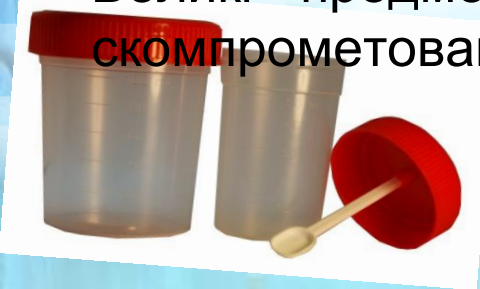


- Розпізнавання та класифікація легкозаймистих рідин починається далеко за межами лабораторії.
- Відбір проб та збір зразків мають вирішальне значення для успіху виявлення горючої рідини.
- Використовуючи принципи слідчий пожежі спробує визначити ймовірне походження та поширення пожежі.
- Якщо будь-який аспект розслідування призводить до підозрілої пожежі, в якій підозрюється використання прискорювача, відбирають зразки для лабораторного аналізу.
- У більшості випадків візуальний огляд не є ні достатнім, ні практичним для ідентифікації зразків, де потенційні прискорювачі могли пережити жар і зусилля гасіння. Відбір зразків базується на логічних припущеннях вздовж шляху пожежі, де прискорювач можливо, використовувались там, де вона мала б найімовірнішу ймовірність вижити.

## Збір зразків



- Визначені на місці події зразки упаковуються та передаються в лабораторію в герметичних контейнерах, які самі по собі не повинні мати випадкових ЛР. У деяких ситуаціях можуть знадобитися пристрої для відбору зразків, такі як ватяні палички або вбираючі прокладки.
- У виробництві використовуються різноманітні та рясні легкозаймисті рідини на нафтовій основі, тому окремі партії всіх матеріалів слід перевірити на забруднення.
- Металеві банки з фарбою, скляні банки та спеціально розроблені полімерні мішки для підтвердження використовуються майже виключно для пакування доказів для аналізу ЛР. Всі мають переваги та недоліки.
- Жорсткі банки та банки більше підходять для загального сміття, де часто є гострі предмети, але обмежені їх місткістю.
- Великі предмети краще підходять для сумок, але можуть бути скомпрометовані різким сміттям.





# Класифікація горючих рідин



За горючістю речовини та матеріали поділяються на три групи:

- **негорючі** – речовини та матеріали не здатні до горіння в повітрі нормального складу. Це переважно неорганічні матеріали, металеві, гіпсові, цегляні конструкції та ін.
- **важкогорючі** – це речовини та матеріали, які здатні до займання в повітрі від джерела запалювання, але після його вилучення не здатні до самостійного горіння (асфальтобетон, фіброліт, пресовані дерев`яно-волокнисті плити та ін.).
- **горючі** – речовини та матеріали, які здатні до самозаймання, а також займання від джерела запалювання і самостійного горіння після його вилучення (папір, целюлоза та ін.).
- Переважна більшість тих, хто стикається з пожежами сміття та розвідками пожежі, базуються на нафті. Вони широко доступні та недорогі, що робить їх ідеальними прискорювачами. Крім того, легкозаймісті рідини на нафтовій основі широко використовуються у виробництві, будівництві та виробництві звичайних побутових виробів, що робить випадкову ідентифікацію фактором.
- Одне дослідження показало, що розчинники на основі нафти, що використовуються в плямах, можуть бути витягнуті та ідентифіковані понад два роки з дати застосування. Значення цього обговорюється пізніше; наразі просто важливо відзначити, що легкозаймісті рідини на нафтовій основі переважають у структурі та в пожежах транспортних засобів не тільки завдяки своїй привабливості як прискорювача, але і як властивий компонент субстратів для зразків.



- Рідше трапляються легкозаймісті рідини на не нафтовій основі, але їх також слід розглядати як потенційний прискорювач і властиву запалювальну рідину.
- Ненафтові продукти важче розпізнати і часто вимагають додаткових аналітичних методів для чіткої ідентифікації.
- Стандартний метод випробування ASTM E1618-14 для запальних рідких залишків у екстрактах зразків вогняного сміття методом газової хроматографії та мас-спектрометрії забезпечує класифікаційну схему, яка відокремлює легкозаймісті рідини на основі нафти за діапазоном кипіння та загальний хімічний склад; до них належать нафтові дистиляти, ізопарафінові продукти, ароматичні продукти та нафтенопарафінові продукти.
- Не класифіковані легкозаймісті рідини на основі нафти; однак вони згруповані або в клас "оксигенати", або в загальний "різний" клас, який відокремлюється лише за діапазоном кипіння





## Класи запальних рідин

Бензин

Нафтові дистилляти

Ізопарафінові вироби

Нафтенові парафінові вироби

Звичайні алканові вироби

Кисневі розчинники

Інше – різні вироби



## Вуглеводневий діапазон

Легкий:  $C_4 - C_9$

Середній:  $C_8 - C_{13}$

Важкий:  $C_9 - C_{20+}$  або  $C_{11+}$

# Класифікація горючих рідин



- Рафіновані нафтопродукти зазвичай містять відносно прості вуглеводні, зокрема нормальні алкани, ізоалкани, циклоалкани, прості ароматичні речовини (заміщені алкілом бензольні кільця), індани та багатоядерні ароматичні речовини.
- Нафтова промисловість зазвичай використовує архаїчні терміни хімічної номенклатури, які перенесені на криміналістичну платформу. "Алкани" часто називають "парафінами"; таким чином терміни "ізоалкан" та "ізопарафін" є синонімами в описі насиченого алкану з розгалуженим ланцюгом.
- Подібним чином "циклоалкан" і "циклопарафін" описують циклічні насичені вуглеводні. Крім того, термін "нафтен", який не слід плутати з "нафталіном", також використовується замість "циклоалкан".
- Що стосується діапазонів вуглеводнів із нормальним алканом, хімічна назва та / або формула, як правило, замінюються аббревіатурою, що складається з "С" та кількості вуглецю. Наприклад, н-гексан ( $C_6H_{14}$ ) позначається як С6, ундекан ( $C_{11}H_{24}$ ) позначається як С11, а ейкозан ( $C_{20}H_{42}$ ) є С20 тощо.





# Класифікація горючих рідин

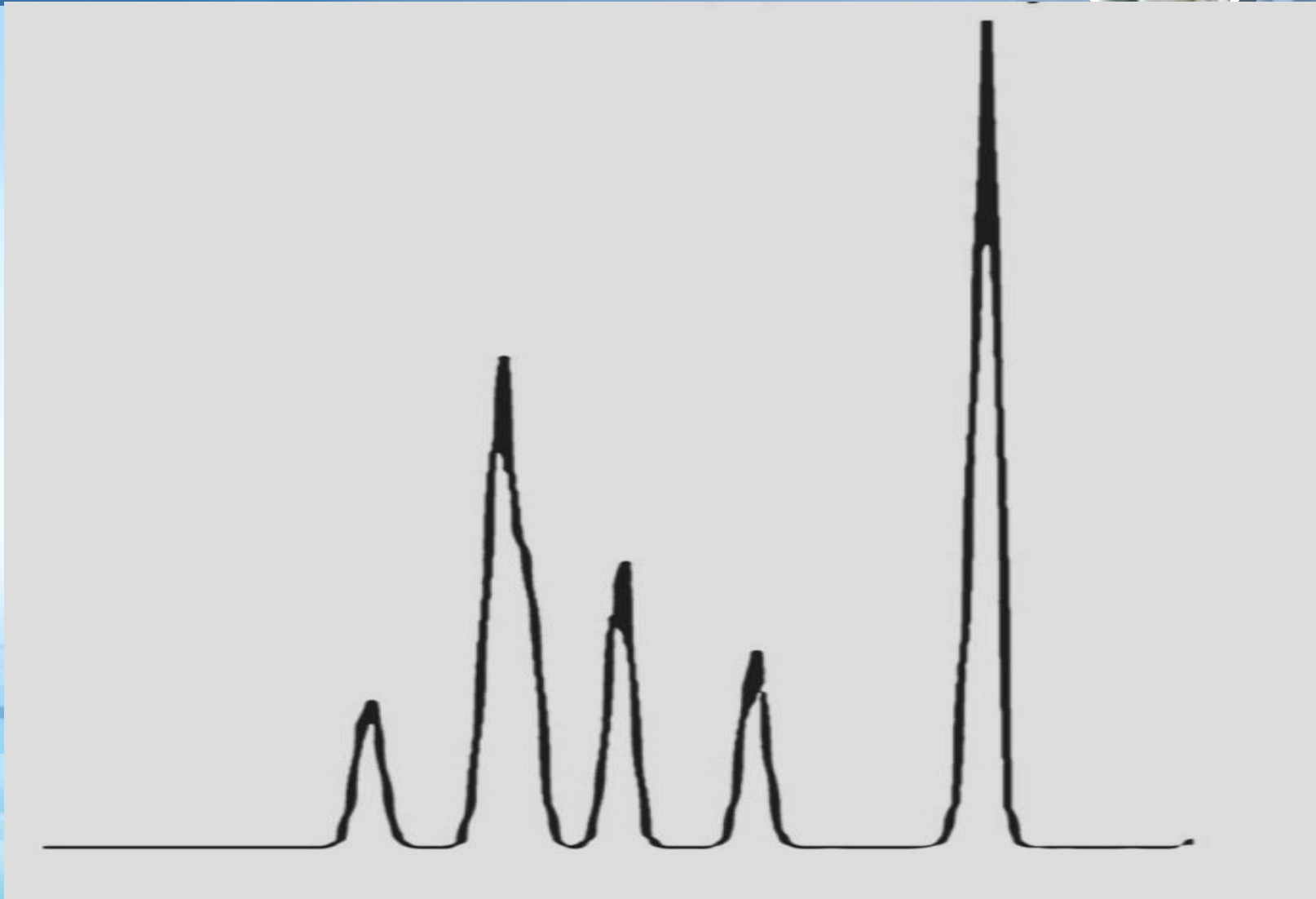


Клас вуглеводнів	Приклади	
Алкани		
Нормальні алкани	Ундекан	
Ізоалкани (ізопарафіни)	Ізопентан	
Циклоалкани (циклопарафіни)	Метилциклогексан	
Одноядерні ароматичні (алкілбензоли)	П-ксилол	
Індан		
Індани	Індан	
Індени	2-метил інден	
Багатоядерні ароматичні	2-метилнафтален	



- Природа легкозаймистих рідин ідеально підходить для аналізу за допомогою газової хроматографії (ГХ).
- Займисті рідини, як правило, не є єдиними сполуками; кількість сполук у відносно невеликому діапазоні температур кипіння може нараховувати сотні.
- Газова хроматографія за допомогою неполярних колон дозволяє розумно розділяти сполуки. Однак, враховуючи кількість сполук з подібними точками кипіння, роздільна здатність базової лінії зазвичай не є можливою і, на щастя, непотрібною.
- Найбільш легкозаймиста ідентифікація та класифікація рідини досягається за допомогою техніки, яка називається розпізнаванням малюнка.
- Наявність будь-якого одного, або двох, або двадцяти сполук не є настільки значним, як їх присутність по відношенню до інших<sup>14</sup> сполук уданій суміші.





1,2,4-триметилбензол

# Вогнебезпечні рідини на основі нафти

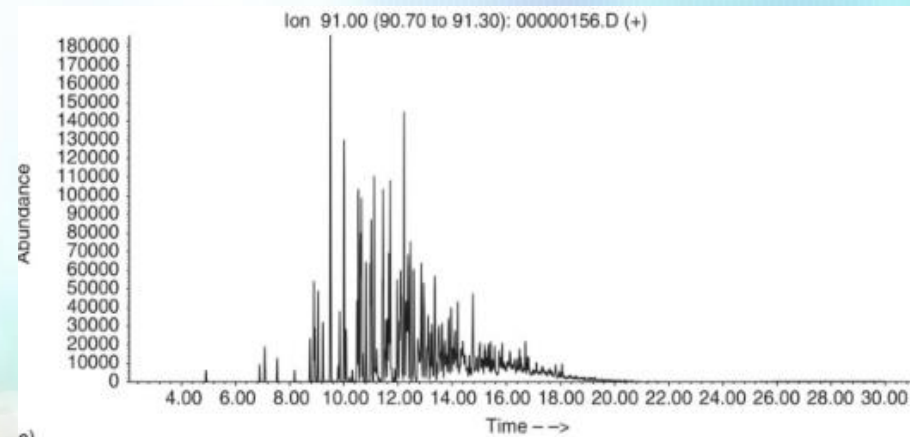
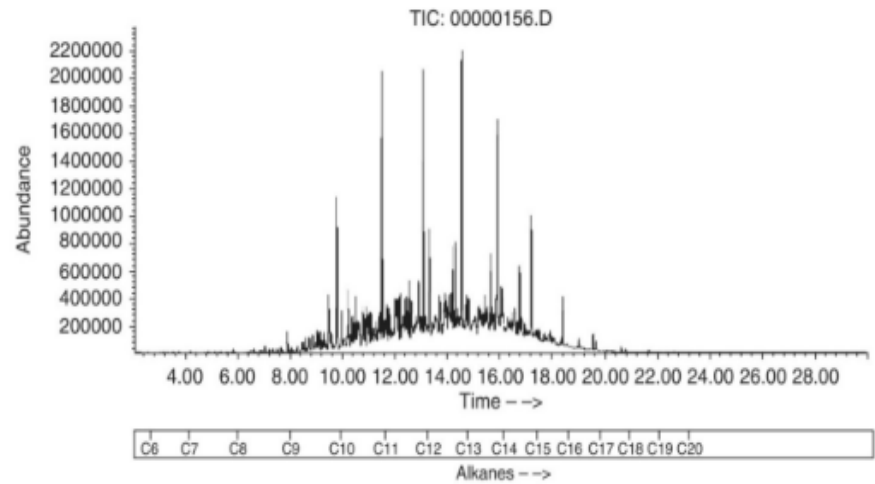


- Класи легкозаймистих рідин на основі нафти ASTM E1618:  
дистиляти, бензин, ароматичні продукти,  
ізопарафінові продукти, нафтно-парафінові продукти  
та н-алканові продукти.
- **Дистиляти** - це продукти найосновнішого процесу переробки, дистиляції, і є відправною точкою для всіх інших нафтопродуктів, що представляють інтерес для аналізу ЛР.
- Дистиляти містять усі хімічні компоненти сирової нафти в межах заданого інтервалу кипіння.
- Усі інші нафтопродукти - це модифіковані дистиляти; модифікований або шляхом виділення певних класів вуглеводнів, хімічних процесів для перетворення в різні класи та/або змішування різних потоків нафтопереробних заводів, які всі походять з дистилятів.





- Дистилати характеризуються непропорційно великими гомологічними рядами
- n-алкани в гуасівському розподілі, розподілені з менш явними ізоалканами та циклоалканами за певними моделями.
- Групування ароматичних сполук (алкілбензоли, індани, багатоядерні ароматичні речовини) будуть присутні на основі діапазону кипіння, якщо не використовувались спеціальні процеси переробки нафти, що призвело до підкласу деароматизованих дистилатів.





# Легкозаймісті рідини на не нафтовій основі



- Оксигенати - це оксигеновані сполуки або суміші, що включають оксигеновані сполуки. Приклади включають звичайні побутові товари та промислові розчинники, такі як ацетон, ізопропанол та метилетилкетон. Ідентифікація базується на часі утримання ГХ та мас-спектрах.
- Терпени - це витяжки з лісу, як правило, з м'яких порід деревини. Незважаючи на те, що скипидар є найпоширенішим роздрібним продуктом, лімонен, терпен, отриманий з цитрусових, зазвичай зустрічається як у легкозаймістих, так і в незаймаючих продуктах роздрібної торгівлі.
- Бензин з підвищеним вмістом етанолу (E85) - це суміш 85% етанолу з 15% бензину, що працює в спеціально модифікованих двигунах. Більшість комерційних бензинів містять до 10% етанолу. Таким чином, наявність етанолу у пожежах, пов'язаних із бензином, не рідкість і несподіванка. Виявлення етанолу залежить від аналітичних параметрів та кількості випаровування внаслідок нагрівання та впливу.





# Виділення залишку

## Початкове оцінювання зразка



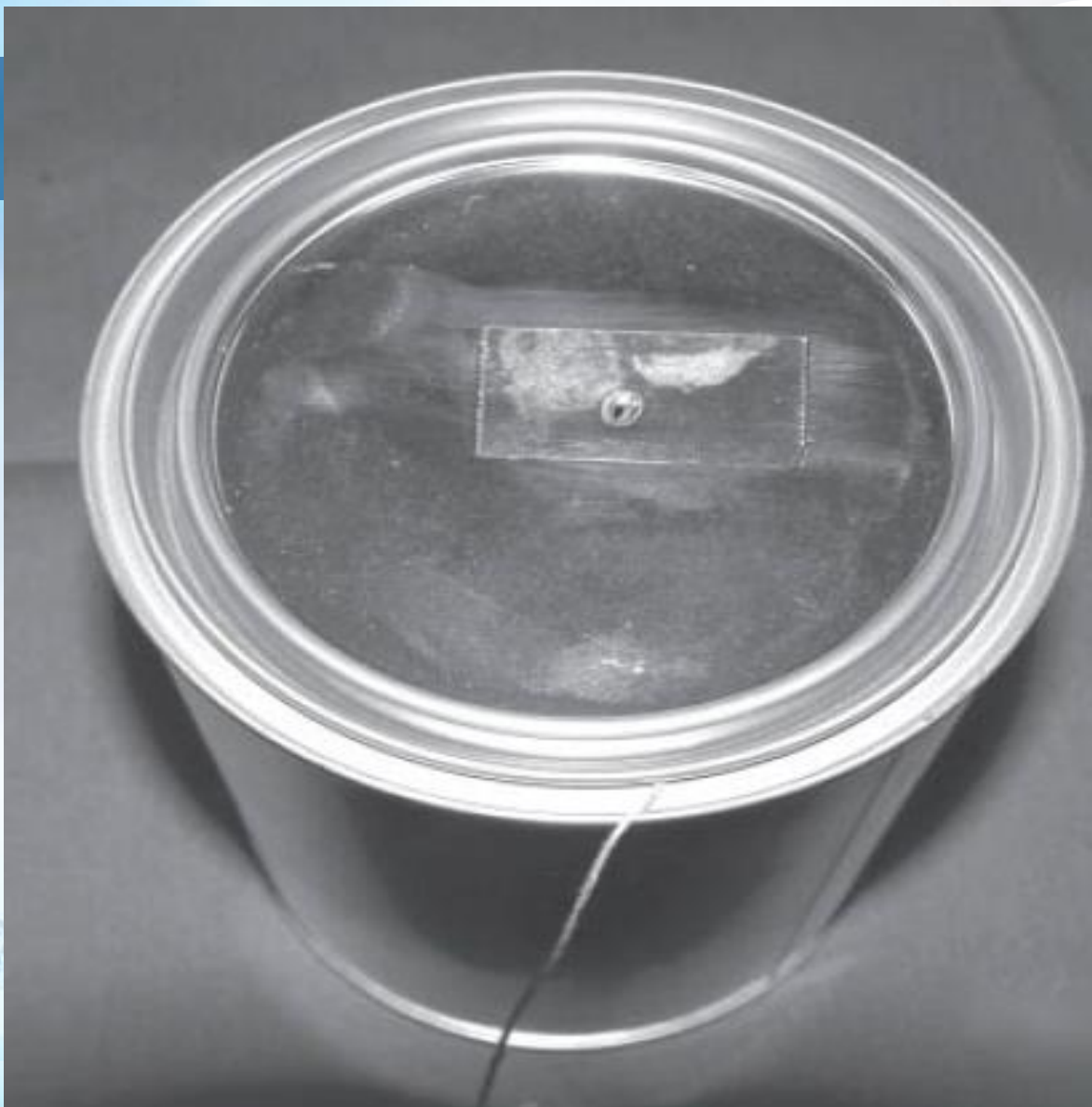
- Після того, як зразок було задокументовано, першим важливим кроком в аналізі пожежного сміття є вибір методики розділення. Вибір невідповідної техніки може призвести до помилкового негативу, помилкової ідентифікації або знищення доказу.
- Першим кроком у цьому процесі (і першим кроком у будь-якому процесі хімічного аналізу) є розгляд зразка. Характеристики зразків визначають найбільш підходящий метод виділення будь-яких легкозаймистих залишків рідини, які можуть бути присутніми. Після проведення візуального огляду наступним кроком є «назальна» оцінка .
- Експерти з охорони праці, без сумніву, не схмуряться щодо цієї рекомендації, але це можна зробити обережно. Немає необхідності засовувати ніс у бідон, хоча аналітик може бути досить впевненим, що слідчий пожежі, який зібрав зразок, вже точно зробив це. Якщо зразок не є рідким зразком для порівняльних цілей, його можна безпечно оцінити, знявши кришку, і обережно махнувши рукою над верхньою частиною зразка, щоб побачити, чи не виявляє він явних запахів. Якщо присутній запах, стає можливим швидкий і точний аналіз, видаливши невеликий шматочок зразка та екстрагуючи його розчинником. Якщо запах дуже сильний, бажано вийняти невеликий шматочок зразка та помістити його в окремий контейнер для аналізу.

# Відділення залишку

## Вибір методу відокремлення ЛР



- Екстракція розчинником згідно з ASTM E1386 є відповідним методом для промивання порожніх контейнерів, для вилучення невеликих аліквот зразків з високою концентрацією ЛР та для виділення залишків з дуже дрібних зразків.
- Відбір зразків головного простору, описаний у ASTM E1388, який передбачає нагрівання ємності та відбір проб парів у верхньому просторі, а потім впорскування цих парів у газовий хроматограф, є хорошим методом скринінгу, але це не призводить до отримання витягу, що можна архівувати, він також не виявляє сполук, набагато важчих за C15 (ASTM E1388-05, 2005).
- Більшості лабораторій (на жаль) потрібно кілька днів або тижнів, щоб скласти звіти про аналіз сміття від пожежі через відставання зразків.
- Використання пасивної концентрації в просторі призводить до отримання розчину, який можна вводити багато разів, і коли вугільна смужка залишається у розчині, вона поступово відсорбує займісті залишки рідини як елюючий розчинник випаровується.
- «Хорошими» результатами АСУ є ті, де хроматограма концентрованих випромінюваних парів стандарту тісно відповідає хроматограмі цього ж стандарту в елюючому розчиннику.

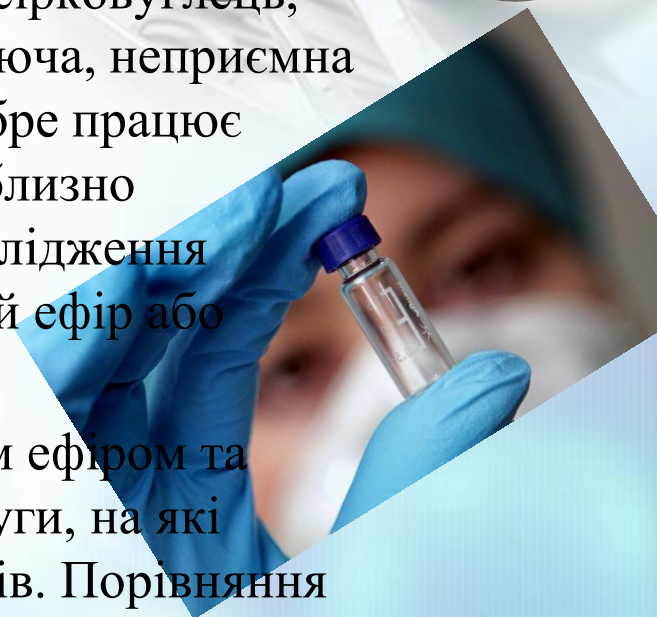


Банка оснащена пристроєм для зниження тиску, короткою смужкою целофанової стрічки над невеликим отвором, пробитим у кришці.



# Відділення залишку

## Вибір розчинника



- Найпопулярнішим розчинником, що елююється, є сірковуглець, високотоксична, канцерогенна, тератогенна, смердюча, неприємна рідина, яка спалахне під впливом окропу. Дуже добре працює елюація ароматичних та аліфатичних речовин приблизно однаково з АКС, але так само діетиловий ефір. Дослідження показують, що сірковуглець перевершує діетиловий ефір або пентан - інший розчинник.
- Виявили лише незначні відмінності між діетиловим ефіром та вуглецем дисульфід при нанесенні на вуглецеві смуги, на які впливають 10-мкл зразки запальних рідких залишків. Порівняння відносних ризиків для здоров'я робить діетиловий ефір очевидним вибором для цього аналізу.
- Спочатку дисульфід вуглецю був обраний розчинником сміття через його високу ефективність десорбції та відносно тихий сигнал при проходженні через детектор полум'яної іонізації. При використанні мас-спектрального детектора перевага його низького сигналу зникає, оскільки детектор вимикається під час проходження розчинника.

# Відділення залишку

## Внутрішні стандарти



- Додавання внутрішнього стандарту до самої проби дозволяє аналітику скласти принаймні якісне відчуття “стійкості” зразка та ефективності процедури ізоляції.
- У лабораторії це досягається додаванням 0,5 мкл 3-фенілтолуолу (насправді 20 мкл 2,5% розчину 3-фенілтолуолу в ефірі).
- В елюючому розчиннику ми використовуємо другий внутрішній стандарт, що складається з 0,1% (100 ppm) перхлоретилену.
- Якщо 3-фенілтолуол не відображається на хроматограмі, це означає, що ми маємо надзвичайно живучий зразок (деякі зразки оснащені власними активними ділянками, які можуть дуже ефективно конкурувати з АСУ для молекул аналіту) і припускає, що стійкість зразка може бути причиною того, що хроматограма виглядає такою рівною.
- Якщо пік ерхлоретилену не з’являється або значно зменшений у висоті, щось сталося не так з ін’єкцією. Порівняння сигналу від зразка до сигналу перхлоретилену дозволяє для напівкількісного визначення кількості присутнього ЛР.

# Порівняння методів ізоляції ЛР



Методи	Переваги	Недоліки
E1385, дистиляція парю	Утворює видиму рідину, яку легко пояснити	Трудомісткий, руйнівний, не чутливий, вимагає дорогого посуду зі скла
E1386, екстракція розчинником	Корисний для невеликих зразків та порожніх контейнерів, не викликає значного фракціонування, корисний для розрізнення важких нафтових дистилятів один від одного	Трудомісткий, дорогий, спільно витягує нелеткі речовини, підвищений ризик пожежі, вплив розчинників, руйнівний
E1388, відбір проб	Швидкий, більш чутливий до нижчих спиртів, неруйнівний	Немає архівованого зразка, не чутливий до важчих сполук, погана відтворюваність
E1412, пасивний	Вимагає незначної уваги аналітиків, чутливий, неруйнівний, видає зразки, що можна архівувати, недорогий	Потрібен нічний час відбору проб
E1413, динамічний з використанням активованого вугілля	Швидкий, чутливий, дає зразки для архівування, недорогі	Трудомісткий, схильний до прориву, руйнівний
E1413, динамічний з використанням Тенакс	Швидкий, чутливий	Трудомісткий, вимагає термічної десорбції, відсутність архівованих зразків, руйнівний
E2154, твердофазна мікроекстракція	Швидкий, високочутливий, корисний для відбору проб на місцях за допомогою портативних ГХ-МС	Трудомісткий, дорогий, вимагає спеціального впорскувального отвору, повторне використання волокон не підлягає архівуванню зразків



# Підготовка зразка



- Аналітичний процес створення зразка, придатного для аналізу ГХ-МС, залежить від двох основних факторів: *фізичного стану доказів* та *вогнебезпечної рідинної мішені*.
- **Фізичний стан** доказів легко розрізнити, охайні органічні рідини обробляють іншими методами підготовки зразків, ніж водні рідини або докази, що містять тверді матеріали. **Вогнебезпечна** рідка мішень може бути більш невловимою.
- Початковою метою є виділення та ідентифікація легкозаймистих рідин на основі нафти або низькокиплячих оксигенатів.
- Існує три сучасних методи вилучення загальнозаймистих залишків рідини із зразків сміття: *концентрація в просторі, екстракція розчинником та простий відбір проб у просторі*.



- **Простий аналіз простору (ASTM, 2012a)** - це пряме вилучення летких сполук із простору закритого контейнера. Його використання, як правило, обмежується цілеспрямованим аналізом низькомолекулярних кисневих та органічних легкозаймистих рідин.
- **Екстракція розчинником (ASTM, 2010)** - це розчинення сполук у відповідному розчиннику. Пентан, сірковуглець, діетиловий ефір та метиленхлорид вважаються придатними розчинниками. Однак, враховуючи обсяг необхідного розчинника та негативні наслідки дисульфіду вуглецю та метиленхлориду на здоров'я та навколишнє середовище, пентан є найбільш підходящим розчинником для вилучення сміття вогнем цим методом.
- Найпоширенішими та найефективнішими методами вилучення легкозаймистих залишків є пасивні концентрація в головному просторі з активованим вугіллям та динамічна концентрація в просторі адсорбентом на основі полімеру. Обидва вони передбачають використання адсорбентів для збору та концентрування летких сполук у просторі контейнера.



- Максимальна кількість адсорбенту, пом'якшення параметрів адсорбції та коригування для висококонцентрованих зразків - все це необхідно для отримання найкращого відображення будь-яких ЛР, присутніх у зразках сміття.
- Десорбційний розчинник, який використовується для елюювання адсорбенту, також має значення для кінцевих результатів.
- У цій галузі використовуються пентан, сірковуглець, діетиловий ефір та метиленхлорид. Ефективність десорбції визначається як розчинністю аналіту (адсорбованого виду), так і адсорбція розчинника до адсорбенту.
- Пентан, будучи одночасно алканом і низькомолекулярною сполукою, буде виявляти непропорційне представництво алканових сполук в екстракті. Незважаючи на те, що пентан буде кращим на основі безпеки, вартості та впливу на навколишнє середовище, слід враховувати точність аналізованої проби.
- Діетиловий ефір та метиленхлорид працюють краще, ніж пентан; однак для справжнього представлення екстракту найкращим вибором є сірковуглець. Через значний ризик для здоров'я, пов'язаний із сірковуглецем, необхідні мінімальні обсяги (зазвичай 250 мкл або менше) та суворий інженерний контроль.

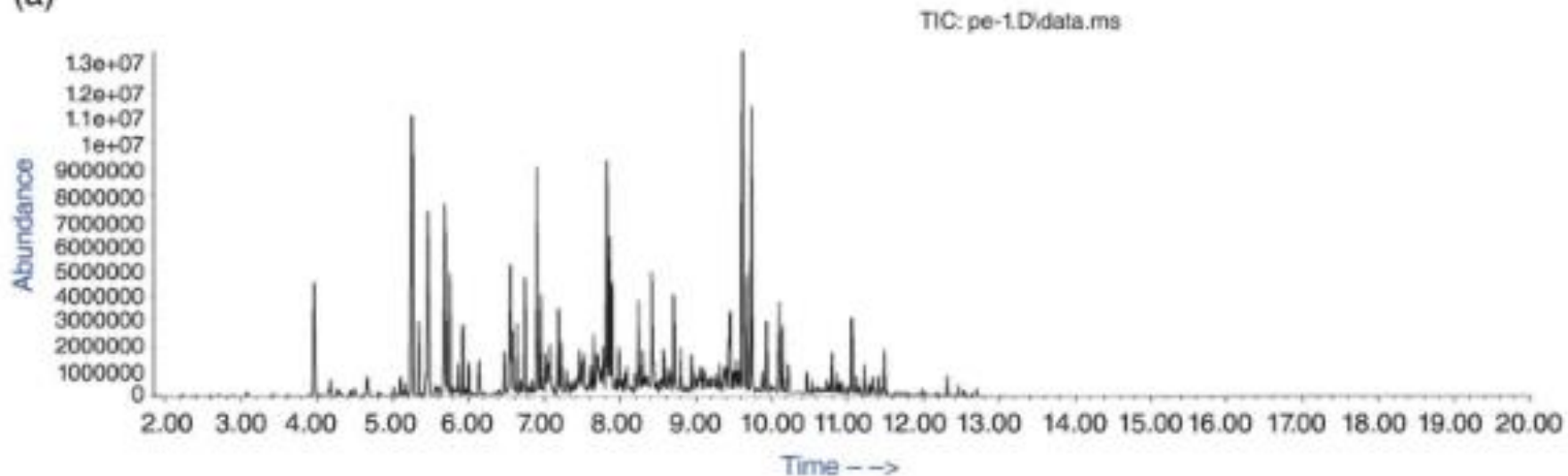


# Аналіз зразків та інтерпретація даних



- Отримані дані GC-MS з витягнутої проби представляють внески матриці та будь-яких наявних горючих рідких продуктів. Матричний внесок може надходити з різних джерел, включаючи сировину, продукти піролізу та згоряння, пов'язані із сировиною, та будь-які легкозаймісті рідини, які контактували із сировиною.
- У деяких випадках деградація вибірки через тип і стан матриці може також сприяти вилученню даних вибірки та їх подальшій інтерпретації. Більшість сировинних матеріалів містять леткі сполуки, властиві матеріалу або набуті в процесі виробництва матеріалу.
- Наприклад, деревина, особливо м'яка деревина, містять терпени, які є леткими сполуками, витягнутими та виявленими в аналітичному процесі. Килими будуть містити леткі сполуки, що використовуються при його виготовленні, а також різні процеси виробництва, такі як захисні засоби від плям або ультрафіолетові захисні речовини. Вклад матриці додатково посилюється за рахунок термічної деградації та неповного згоряння цих матеріалів.
- Особливо заслуговує на увагу термічна деградація синтетичних матеріалів, оскільки багато загальноприйнятих полімерів, що використовуються для виробництва звичайних комерційних та побутових предметів, розкладаються до сполук, загальних для легкозаймістих рідин на основі нафти

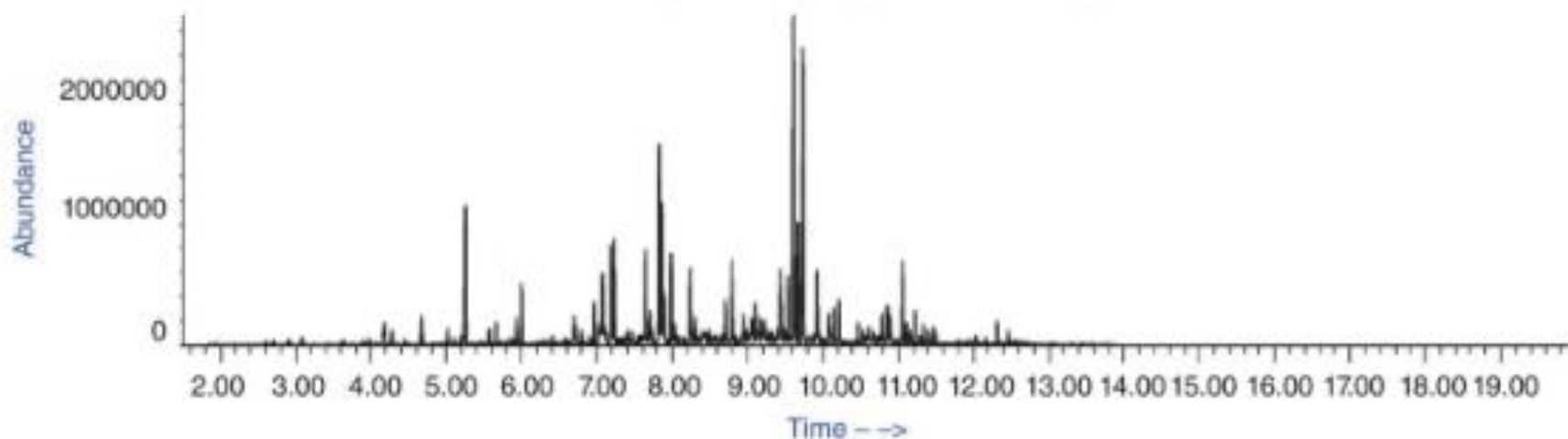
(a)



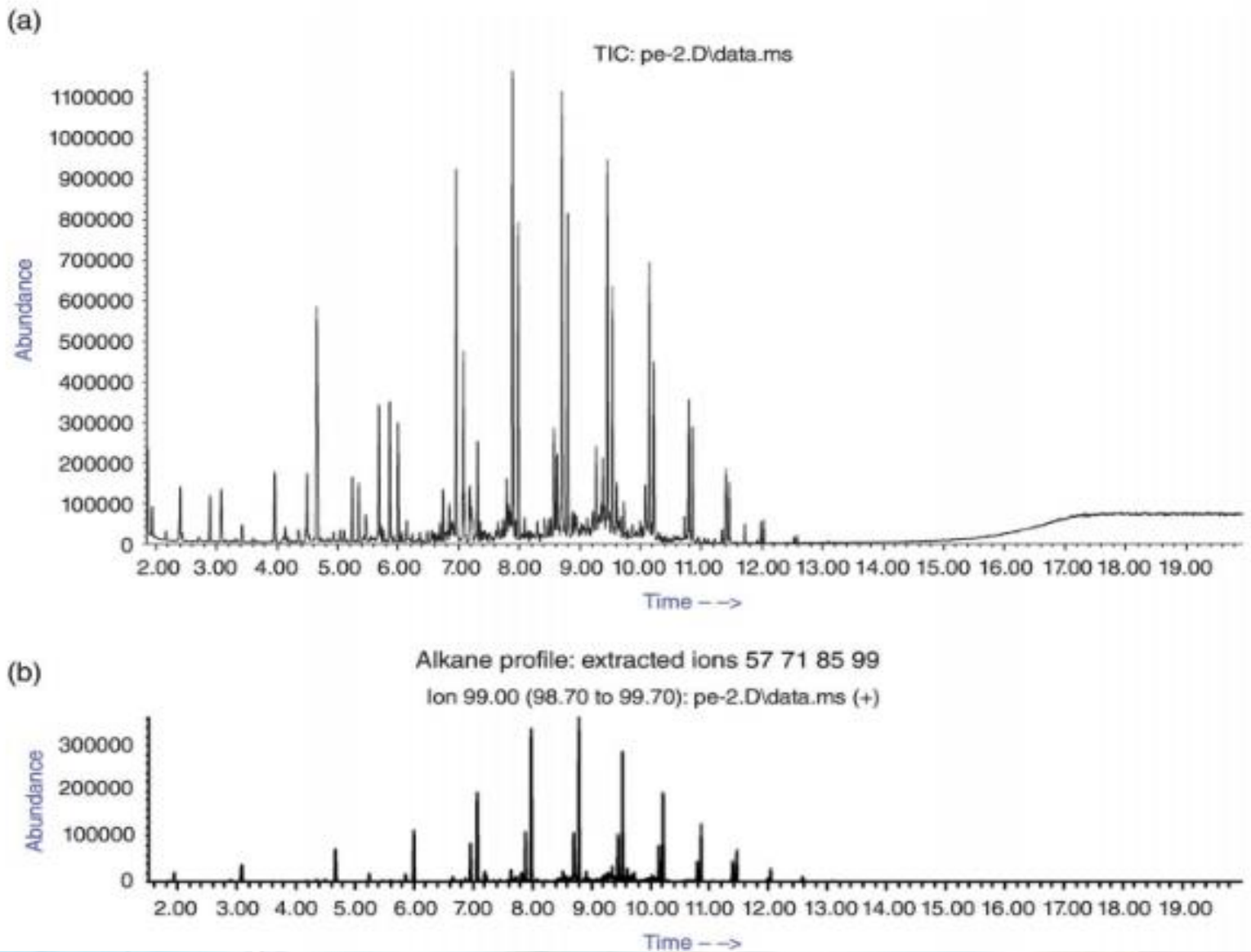
(b)

Alkane profile: extracted ions 57 71 85 99

Ion 99.00 (98.70 to 99.70): pe-1.D\data.ms (+)



ГЗ-МС вилучені дані про іони, пов'язані зі випадком 1. (a) загальна іонна хроматограма; (b) екстрагований ароматичний (алкілбензольний) профіль



ГЗ-МС вилучені дані про іони, пов'язані із випадком 2: (a) загальна іонна хроматограма; (b) екстрагований ароматичний (алкілбензольний) профіль



# Забезпечення якості



- Кожна лабораторія повинна мати детальну письмову процедуру дослідження вогневого сміття. Як частина програми забезпечення якості, аналітики пожежного сміття повинні брати участь у перевірці кваліфікації принаймні раз на рік.
- Це може бути як внутрішнім, так і зовнішнім, але, безумовно, зовнішнє тестування на підвищення кваліфікації приносить більше довіри.
- Тести на наявність кваліфікації доступні у ряду комерційних постачальників, але насправді не потрібно купувати перевірку кваліфікації. Групи аналітиків можуть формувати круглі групи і по черзі готувати зразки один для одного.
- Аналітики повинні приділяти час, щоб не відставати від літератури, і повинні відвідувати професійні зустрічі, коли це можливо. Незважаючи на те, що наука про аналіз уламків пожежі досить обгрунтована, це цікава сфера з великим штатом професіоналів, які проводять та публікують дослідження на постійній основі.



- Не відставати від цього дослідження - це професійна відповідальність. Кінцевою ознакою того, що аналітик не відстає від професії, є рішення про отримання сертифікації.
- Сертифікація може бути підтримана лише шляхом постійної освіти та щорічної участі у зовнішньому тестуванні на кваліфікацію. Сертифікація - це спосіб для аналітика продемонструвати, що він або вона дбає про професійний розвиток. Підтримка індивідуальної сертифікації - це спосіб, яким директор лабораторії може запевнити своїх працівників у турботі агентства.

# Висновки




- Виділення та ідентифікація горючих залишків рідини із зразків пожежного сміття є важливою частиною процесу розслідування пожежі.
- Аналітик пожежного сміття повинен бути знайомим із загальноприйнятими методами розслідування пожежі та розуміти мову, якою користуються слідчі.
- Аналітик також повинен розуміти ставки. Якщо виявлено залишок горючої рідини, може бути підтримана гіпотеза про те, що пожежа була запальною, і може тривати тривалий судовий процес як у цивільному, так і у кримінальному суді.
- Лабораторні результати часто є вирішальним фактором у вирішенні прокурором обвинувачення або рішення страхової компанії протистояти позову.



# Висновки



- Технологія аналізу сміття вогнем різко вдосконалилася за останні 20 років, до того моменту, коли наші методи зараз настільки чутливі, наскільки вони повинні бути, і, можливо, більш чутливі, ніж вони повинні бути.
- Аналітична процедура вимагає зосередженості та творчості, але також дотримання загальноновизнаних критеріїв для ідентифікації. Аналіз слід проводити та повідомляти таким чином, щоб його міг переглянути інший аналітик. Немає жодної причини, що аналітик, який проводить рецензування, повинен дійти до іншого висновку, і такі огляди повинні не тільки очікувати, але і вітати.
- Наука базується на "багаторазовому засвідченні свідчень". Аналітики пожежного сміття повинні глибоко усвідомлювати ставки, пов'язані з тим, що вони роблять, і необхідність ефективно повідомляти про значення своїх висновків.



Дякую за увагу