

Научная статья

УДК 614.84

doi: 10.34987/2712-9233.2023.76.67.015

Применение метода флуоресцентной спектроскопии и газовой хроматографии в пожарной экспертизе

Севостьянова Наталья Геннадьевна, Долгушина Любовь Викторовна

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия

Автор ответственный за переписку: Любовь Викторовна Долгушина, se@sibpsa.ru

Аннотация. Рассмотрены основные методы применяемые в пожарно-технической экспертизе, применяемые для анализа на наличие остатков нефтепродуктов. Флуоресцентная спектроскопия позволяет идентифицировать и определить химические вещества, такие как акселеранты горения, пигменты и другие химические вещества, которые могут указывать на причину источника пожара. Газовая хроматография позволяет разделить и определить химические компоненты в газовой или жидкой смеси. Рассмотренные в статье методы помогают установить возможные источники воспламенения, проверить гипотезы о причинах, провести сравнительный анализ и определить факторы, способствующие распространению огня.

Ключевые слова: пожар, анализ, осмотр места происшествия, легковоспламеняющиеся жидкости, горючие жидкости, флуоресцентная спектроскопия, газовая хроматография.

Для цитирования: Севостьянова Н.Г., Долгушина Л.В. Применение метода флуоресцентной спектроскопии и газовой хроматографии в пожарной экспертизе // Актуальные проблемы безопасности в техносфере 2023. № 3 (11). С. 83-86. <https://doi.org/10.34987/2712-9233.2023.76.67.015>.

Application of the method of fluorescence spectroscopy and gas chromatography in fire examination

Natalia G. Sevostyanova, Liubov V. Dolgushina

Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia

Corresponding author: Liubov V. Dolgushina, se@sibpsa.ru

Abstract. The main methods used in fire-technical expertise, used for analysis for the presence of residues of petroleum products, are considered. Fluorescence spectroscopy allows you to identify and identify chemicals such as gorenje accelerants, pigments and other chemicals that may indicate the cause of the source of the fire. Gas chromatography allows you to separate and determine the chemical components in a gas or liquid mixture. The methods discussed in the article help to identify possible sources of ignition, test hypotheses about the causes, conduct a comparative analysis and determine the factors contributing to the spread of fire.

Key words: fire, analysis, crime scene inspection, flammable liquids, flammable liquids, fluorescence spectroscopy, gas chromatography.

For citation: Sevostyanova N.G, Dolgushina L.V. Application of the method of fluorescence spectroscopy and gas chromatography in fire examination // Actual problems of safety In the technosphere 2023. No. 3 (11). P. 83-86. <https://doi.org/10.34987/2712-9233.2023.76.67.015>.

Пожарная экспертиза является важным инструментом в расследовании пожаров и определении их причин и обстоятельств. Она включает в себя использование различных технологий и методик, которые позволяют определить и анализировать следы после пожара.

Осмотр места пожара является одним из наиболее сложных процессуальных действий, в силу довольно частой невозможности сохранения обстановки для проведения повторных исследований, а также частичному уничтожению или утрате вещественных доказательств при ликвидации пожаров.

Особое значение в осмотре места происшествия занимает обнаружение, фиксация и изъятие вещественных доказательств, что является базой для дальнейшего расследования [1-2]. Это еще раз подчеркивает важность данного этапа, и необходимость качественного и профессионального выполнения своей работы, как с юридической точки зрения, так и с технической.

Частой причиной возникновения пожара, к сожалению, являются поджоги. В качестве средства поджога, так называемых интенсификаторов горения, зачастую используются легковоспламеняющиеся (ЛЖВ) и горючие жидкости (ГЖ) (моторное топливо, керосин и др.). Обнаружить ЛЖВ и ГЖ методом визуального и морфологического исследования в основном не предоставляется возможным. Поэтому необходимость применения других исследований крайне высока.

Тушение пожара, в основном, производится водой или пеной. Вследствие этого объекты-носители с остатками нефтепродуктов поступают на экспертное исследование в лабораторию во влажном виде. Эффективность извлечения следовых количеств нефтепродуктов сильно снижается. Также на эффективность сказываются и погодные условия (обилие дождей, снег) во многих регионах.

В рамках пожарной экспертизы широко применяются современные прогрессивные методы, такие как флуоресцентная спектроскопия и газовая хроматография.

Метод флуоресцентной спектроскопии позволяет ученым изучать реакцию веществ на свет, благодаря которой они могут определить состав и концентрацию веществ, образовавшихся в результате пожара.

Газовая хроматография, в свою очередь, предоставляет возможность разделить и идентифицировать компоненты газовых смесей. Она позволяет выявить и изучить следы горения, продукты распада различных материалов и другие химические вещества, которые могут быть важными для определения событий, предшествующих возгоранию.

В статье будут рассмотрены методы определения ЛЖВ и ГЖ на объектах, а именно:

- метода флуоресцентной спектроскопии;
- метод газовой хроматографии.

Метод флуоресцентной спектроскопии

Флуоресцентная спектроскопия является методом анализа, основанным на измерении флуоресцентного излучения вещества, возбужденного определенной длиной волны светового излучения. Этот метод позволяет идентифицировать и определить химические вещества, такие как акселеранты горения, пигменты и другие химические вещества, которые могут указывать на причину источника пожара. Флуоресцентная спектроскопия может использоваться, например, для обнаружения следов древесной пропитки, спиртов или нефтепродуктов, которые могут указывать на использование ускорителя горения.

Принцип флуоресцентной спектроскопии заключается в следующем: образец освещается ультрафиолетовым или видимым светом, который содержит фотоны достаточной энергии для возбуждения электронов в молекуле или материале. При возбуждении электроны переходят на более высокие энергетические уровни, а затем возвращаются на исходные уровни, испуская энергию в виде флуоресцентного света. Флуоресцентный свет имеет большую длину волны по сравнению с поглощенным светом, что позволяет его легко различить. Спектроскоп может измерить длину волны и интенсивность испускаемого флуоресцентного света, что дает информацию о внутренней структуре и свойствах образца. Источником возбуждения флуоресценции служит светодиод с максимумом длины волны излучения 270 нм, спектральный интервал регистрации флуоресценции составляет от 300 до 420 нм – в этом интервале регистрируется флуоресценция большинства нефтепродуктов. По величине интенсивности флуоресценции и определяется наличие или отсутствие ЛЖВ и ГЖ [3].

Использование флуоресцентной спектроскопии имеет ряд преимуществ, включая высокую чувствительность, точность и возможность проводить неконтактные измерения. Однако, ее применение также может ограничиваться некоторыми факторами, например, флуоресцентный свет может быть ослаблен или поглощен другими веществами в пробе, что может исказить результаты.

Метод газовой хроматографии.

Газовая хроматография является методом анализа, который позволяет разделить и определить химические компоненты в газовой или жидкой смеси. В пожарной экспертизе газовая хроматография может использоваться для анализа газовых продуктов сгорания и определения наличия определенных химических веществ, которые могут указывать на тип горючего

материала или утверждение, сделанное в отношении его происхождения. Например, при анализе газовых продуктов сгорания может быть определено наличие определенных органических соединений, таких как алкоголи, керосин или лаки, которые указывают на использование определенных материалов или веществ при поджоге.

Классификация вариантов хроматографии по фазовым состояниям представлена в таблице 1.

Таблица 1. Классификация вариантов хроматографии по фазовым состояниям

Подвижная фаза	Неподвижная фаза	Название метода
Газ	Адсорбент	Газоадсорбционная
	Жидкость	Газожидкостная
Жидкость	Адсорбент	Жидкостно-адсорбционная
	Жидкость	Жидкость-жидкостная
Газ или жидкость в сверхкритическом состоянии	Адсорбент	Флюидно-адсорбционная
	Жидкость	Флюидно-жидкостная
Коллоидная система	Сложная композиция твёрдых и жидких компонентов	Полифазная хроматография

Метод газовой хроматографии состоит в том, что анализируемая смесь вводится в газообразном состоянии перед колонкой, где происходит разделение смеси на компоненты на основе сорбции и десорбции веществ на неподвижной фазе. Слабо сорбируемые вещества переносятся подвижной фазой по колонке с большей скоростью, а более сорбируемые вещества, наоборот, с малой скоростью. Разделенные компоненты попадают в детектор, который регистрирует изменения, т.е. наличие веществ, отличающихся по физическим или физико-химическим свойствам от газа-носителя, и преобразует возникающие изменения в электрический сигнал. Далее происходит усиление и преобразование сигнала в цифровой вид полученного сигнала. На основе полученных данных строится график зависимости сигнала на выходе детектора от времени. Такой график называется хроматограмма [4].

Газовая хроматография может идентифицировать различные углеводородные соединения, такие как метан, этан, пропан, бутан и т. д. Эти соединения могут быть найдены в горючих материалах и выделены в результате пожара. Помимо углеводородов, газовая хроматография может обнаружить и идентифицировать другие органические соединения, которые могут быть связаны с пожаром. Это может включать в себя алкоголи, алдегиды, кетоны, эфиры и многое другое.

Газовая хроматография также позволяет определить концентрацию различных газов, которые могут быть связаны с пожаром. Это может быть полезным для определения уровня опасности и для установления взаимосвязи между концентрацией газов и различными параметрами пожара.

В пожарной экспертизе в основном используется метод газожидкостной хроматография (ГЖХ). ГЖХ позволяет свободно разделить на составляющие сложную многокомпонентную смесь ЛВЖ и ГЖ, с их идентификацией и количественным определением их компонент. Успех лабораторных исследований зависит от качества взятия проб.

Пример хроматограммы трехкомпонентной смеси в составе которой идентифицировали такие вещества как бензол и толуол представлен на рисунке 1.

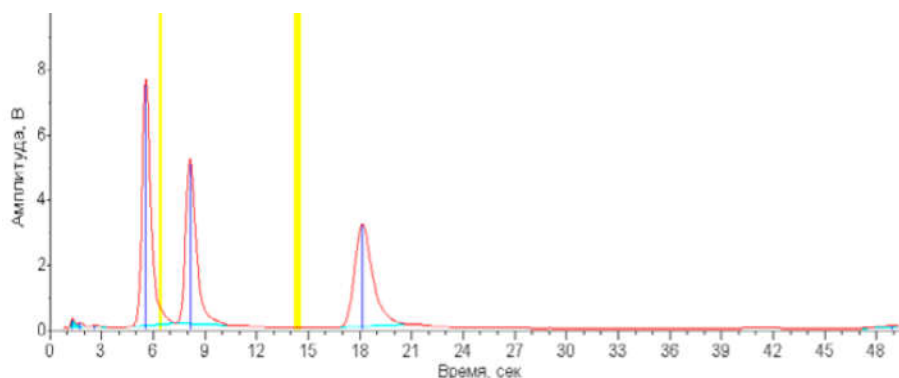


Рис. 1 Хроматограмма трехкомпонентной смеси в составе которой идентифицировали бензол и толуол

Преимущества газовой хроматографии в пожарной экспертизе включают:

- высокая чувствительность: газовая хроматография может обнаружить очень низкие концентрации различных соединений, что делает ее идеальным для обнаружения и изучения газов, выделяющихся в результате пожара;

- специфичность: газовая хроматография позволяет идентифицировать и различать различные соединения, что помогает в определении причин возникновения пожара и идентификации используемых горючих материалов;

- быстрота анализа: газовая хроматография позволяет проводить анализ в режиме реального времени, что позволяет быстро получить результаты и принять соответствующие меры.

Хотя газовая хроматография имеет много преимуществ, она также имеет некоторые ограничения, включая высокую стоимость оборудования и требовательность к квалификации операторов. Тем не менее, с учетом ее способности обнаружить и идентифицировать различные соединения, газовая хроматография остается важным инструментом в пожарной экспертизе.

Рассмотренные в статье методы являются надежными инструментами работы пожарных экспертов и неотъемлемой частью пожарной экспертизы, способствуя более полному и точному пониманию причин и хода пожара. Они помогают установить возможные источники воспламенения, проверить гипотезы о причинах, провести сравнительный анализ и определить факторы, способствующие распространению огня. Благодаря внимательному применению этих и других методов, пожарные эксперты могут представить подробную и объективную картину происшедшего пожара, что дает основу для принятия соответствующих мер по предотвращению будущих возгораний и повышению безопасности

Список источников

1. Чешко И.Д., Плотников В.Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара в 2-х книгах. // СПбФ ФГБУ ВНИИПО МЧС России, Кн. 2. 2012. 364 с.

2. Севостьянова, Н. Г. Особенности обнаружения и изъятия проб легковоспламеняющихся и горючих жидкостей на месте пожара / Н. Г. Севостьянова, Л. В. Долгушина // Актуальные проблемы безопасности в техносфере. – 2023. – № 2(10). – С. 21-24. – DOI 10.34987/2712-9233.2023.36.65.004. – EDN LIFDAE.

3. Чешко И.Д., Клаптюк И.В. Обнаружение следов светлых нефтепродуктов на месте пожара при поджогах.// Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2012. 38-43 с.

4. Чешко И.Д., Принцева М.Ю., Яценко Л.А. Обнаружение и установление состава ЛВЖ и ГЖ при поджогах: метод. пособ.// ВНИИПО. 2010. 90 с.

Информация об авторах

Л.В. Долгушина - кандидат химических наук, Доцент

Information about the author

L.V. Dolgushina - Ph.D. of Chemical Sciences, Docent

Статья поступила в редакцию 25.09.2023; одобрена после рецензирования 02.10.2023, принята к публикации 02.10.2023.
The article was submitted 25.09.2023, approved after reviewing 02.10.2023, accepted for publication 02.10.2023.