

УДК 614.841.264

spa-ekaterina@yandex.ru

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ
ПОЖАРА ПРИ ИЗУЧЕНИИ КИНЕТИКИ СОХРАНЕНИЯ ОСТАТКОВ
СВЕТЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ОБЪЕКТАХ-НОСИТЕЛЯХ
РАЗНОЙ ПРИРОДЫ**

**EXPERIMENTAL DETERMINATION OF FIRE BREAK OUT TIME DURING
INVESTIGATION OF KINETICS OF LIGHT OIL PRODUCT
RESIDUES PRESERVATION ON OBJECT-CARRIERS
OF VARIOUS NATURE**

Кочеткова Е. Б.

*Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы
«Испытательная пожарная лаборатория» по Ярославской области, Ярославль*

Kochetkova E.

*Forensic expert agency of the federal fire service
«Fire testing laboratory» for Yaroslavl region, Yaroslavl*

Определена необходимость установления фактического времени возникновения пожара на основании результатов исследований экстрагируемых светлых нефтепродуктов с объектов-носителей разной природы. Для получения ожидаемых результатов проведен эксперимент, в котором моделируется процесс горения и хранения наиболее часто изымаемых с места пожаров образцов – ткани, грунта, а также древесины разных пород с нанесенной на их поверхность горючей жидкостью. В качестве светлого нефтепродукта выбран наиболее часто используемый и легкодоступный – автомобильный бензин. Результаты анализируются методом газожидкостной хроматографии. На основании качественного хроматографического анализа установлена степень сохранности автомобильного бензина, подверженного термическому воздействию на анализируемых образцах, с учетом варьирования временного фактора, условий хранения и упаковки. С помощью количественного хроматографического анализа построены графические зависимости изменения концентрации веществ, входящих в состав бензина. Количественно обоснован наиболее эффективный выбор упаковки для хранения изымаемых с места пожара образцов. Выведена эмпирическая формула зависимости времени хранения пробы при различных условиях от концентрации веществ, входящих в состав автомобильного бензина. Предложена методика определения фактического времени возникновения реального пожара при известных переменных – объект-носитель, светлый нефтепродукт, условия хранения пробы.

Ключевые слова: экспертиза, поджог, интенсификатор горения, хроматография, компонент, площадь пика

Necessity of determination of actual time of fire break out based on research results of extractable light oil products from object-carriers of various nature was determined. In order to achieve expected results, an experiment was carried out, where the process of burning and storage of the most frequently removed samples from the fire site - fabric, soil, as well as wood of various species with a flammable liquid applied to their surface was simulated. Motor gasoline was chosen as a light oil product as it is commonly used and easily accessible. Results are analyzed by gas-liquid chromatography method. Based

on qualitative chromatographic analysis the degree of preservation of thermally affected motor gasoline on the analyzed samples was established, taking into account the variation in the time factor, storage and packaging conditions. With the help of quantitative chromatographic analysis, graphic dependences of substances concentration change that are part of gasoline were prepared. The most effective choice of packaging for storing samples taken from the fire site is quantitatively substantiated. An empirical formula is derived for the dependence of the sample storage time under various conditions on the concentration of substances that are part of motor gasoline. A determination method of the actual time of a real fire break out with known variables – object-carrier, light oil product, sample storage conditions is suggested.

Keywords: expert evaluation, arson, burning intensifier (accelerant), chromatography, component, peak surface

Введение

Исследование и экспертиза происшедших пожаров относятся к основным функциям МЧС России. Исследование пожаров – наиболее важная часть деятельности судебно-экспертных учреждений ФПС, поскольку ее результатом является экспертное заключение произошедшего пожара для дознавателей органов государственного пожарного надзора федеральной противопожарной службы, а также иных органов (лиц), назначивших судебную экспертизу или исследование.

Как показывает практика, большой процент в общем числе причин происходящих пожаров занимает поджог.

Одним из основных признаков поджога является обнаружение на месте пожара средств, которые могли быть использованы для поджога или, как их принято называть, интенсификаторы горения. Среди них до сих пор наибольшей популярностью у поджигателей пользуются различные легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ЛВЖ, ГЖ) [1].

Успех работы технического специалиста (эксперта) по обнаружению и установлению природы (типа) горючей жидкости определяется не только, а часто и не столько исследованием доставленного в лабораторию образца, но и быстрым, квалифицированным отбором пробы, правильной упаковкой, своевременной доставкой и условиями хранения.

Данные исследования зачастую усложняются тем, что в последнее время

увеличивается рост пожаров с «неустановленной датой возникновения», когда между датой возникновения и обнаружения проходят дни, а иногда и месяцы. Особенно это явление характерно для отдаленных деревень или садоводческих участков, используемых в основном в летний период времени.

В практике пожарно-технических экспертов для обнаружения горючих жидкостей используются три основных аналитических метода: инфракрасная спектроскопия (ИКС), флуоресцентная спектроскопия (ФС), а также газожидкостная хроматография (ГЖХ).

Наиболее информативным методом считается газовая хроматография с пламенно-ионизационным или масс-спектрометрическим детектированием. Применение этого метода позволяет определять компонентный состав сложных смесей углеводородов, таких как бензины, дизельное топливо, растворители и иные органические жидкости, применяемые в качестве средств поджога [2].

Целью настоящей работы является изучение сохранения остатков светлых нефтепродуктов на различных объектах-носителях, наиболее часто изымаемых с места пожара, при разных способах хранения и с учетом варьирования времени.

При условии отсутствия количественной оценки методами ИКС и ФС для получения ожидаемых результатов использовался метод газожидкостной хроматографии.

Экспериментальная часть

Для исследования были выбраны такие объекты-носители, как ткань, грунт и древесина из разных пород деревьев (сосна и береза). В качестве интенсификатора горения использовалась наиболее популярная среди поджигателей легковоспламеняющаяся жидкость – автомобильный бензин.

Для точности ожидаемых результатов подготовка образцов проводилась с учетом условий, приближенных к условиям реального пожара. На указанные объекты, взятые в равных количествах по 100 г каждого, наносили по 15 мл бензина (марка – Премиум Евро-95 вид 1 ГОСТ Р 51866–2002 (ЕН 228-2004)). Через 2 мин полученные образцы сжигали в открытом тигле в течение 3 мин, после чего заливали водой до полного затухания. Через 1 ч обгоревшие фрагменты взвешивали для установления потери массы после температурного воздействия. После чего образцы делили на четыре равные по весу пробы (20 г каждая). Первые из четырех проб каждого объекта-носителя были исследованы на наличие остатков бензина непосредственно после сжигания. Остальные три пробы каждого образца были оставлены в течение 5, 10 и 20 дней для изучения кинетики сохранения светлого нефтепродукта. При этом пробы № 2 хранились без упаковки при комнатной температуре, пробы № 3 – упакованы в полимерный пакет и оставались в помещении при комнатной температуре, пробы № 4 – хранились без упаковки в холодном месте при температуре 5 °С.

Остатки бензина, подвергнутого термическому воздействию, из представленного объекта-носителя извлекались путем его экстракции органическим растворителем – экстрагентом, в качестве которого применялся гексан ОСЧ (ТУ 6-09-14-2167-84).

Для хроматографического исследования использовали хроматограф «Кристалл 5000.1» производства СКБ «Хро-

матэк», снабженный пламенно-ионизационным детектором (ПИД) (ТУ 9443-004-12908609-99, исполнение 1, зав. № 6677). Разделение проводили на кварцевой капиллярной колонке марки Zebron-50 (50%-фенил- и 50%-диметилполисилоксановая фаза, длина колонки – 30 м, диаметр – 0,25 мм, толщина слоя пленки жидкой фазы – 0,25 мкм). В качестве газа-носителя использовали азот, давление газа-носителя 109 кПа, поток газа-носителя в колонке 1,6 мл/мин. Температура испарителя 300 °С, температура детектора 300 °С, режим ввода пробы – с делением потока 1:10, объем вводимой пробы 1 мкл. Разделение проводили в режиме программирования температуры: начальная температура колонки, 40 °С, время изотермы 5 мин, скорость подъема температуры 4 °С/мин, конечная температура колонки 280 °С.

Обработку данных хроматографического анализа проводили с помощью программного обеспечения «Хроматэк Аналитик, версия 2,5».

Результаты и их обсуждения

Хроматография – это метод разделения, основой которого является прохождение подвижной фазы вдоль слоя сорбента, который является неподвижной фазой. В качестве подвижной фазы в газожидкостной хроматографии используется инертный газ, неподвижная фаза – твердый сорбент или стенки капиллярной колонки. При исследовании смесей углеводородов, к которым относится и бензин, используют пламенно-ионизационный детектор, с помощью которого происходит определение конкретного компонента в пробе в зависимости от времени его выхода – времени удерживания. Качественной характеристикой служит время удерживания компонента, количественной – площадь или высота пика [3].

Одним из наиболее сложных этапов анализа ГЖХ является интерпретация результатов исследования. Это обусловлено разнообразием товарных ЛВЖ и ГЖ, состоящих из различных соединений с широким диапазоном температур кипения,

а также возможностью изменения их фракционного состава вследствие воздействия высокой температуры на пожаре и иных факторов. В связи с этим на сегодняшний день не прекращаются попытки совершенствовать не только методику обнаружения следов интенсификатора горения на месте пожара, но и их лабораторного анализа [2].

Задача качественного анализа углеводородных смесей с помощью газовой хроматографии состоит в определении числа компонентов смеси и в идентификации каждого компонента.

Основным структурным признаком, используемым для идентификации нефтепродуктов, при этом является характерный общий вид хроматограмм («отпечатки пальцев»). Часто для решения задач идентификации применяют расчетные критерии, вычисляемые, например, по высотам хроматографических пиков. Иногда предлагается использовать для этих целей площади пиков [4, 5].

На сегодняшний день суть анализа ГЖХ сводится к установлению наличия определенного перечня компонентов. В качестве реперных компонентов для обнаружения следов автомобильных бензинов, подверженных термическому воздействию, при производстве судебной пожарно-технической экспертизы И. Д. Чешко с соавторами предлагают толуол, этилбензол, п-, м-, о-ксилолы, пропилбензол, 1,3,5-, 1,2,4-триметилбензолы [6].

Идентификацию продуктов разделения проводили путем сравнения значений параметров удерживания времен хроматографических пиков на смеси веществ неиз-

вестного состава с аналогичными параметрами индивидуальных тестовых веществ – веществ сравнения.

В данной работе идентификацию пиков на полученной хроматограмме проводили путем сравнения хроматограммы исследуемого гексанового экстракта с хроматограммой смеси эталонных веществ аренов (толуол, этилбензол, п-, м-, о-ксилолы, пропилбензол, 1,3,5-, 1,2,4-триметилбензолы). По совпадению времен удерживания пиков хроматограммы эталонной смеси с временами пиков на хроматограмме анализируемой пробы выявлены идентичные компоненты, в частности: толуол (1), этилбензол (2), м-ксилол (3); о-ксилол (4); пропилбензол (5); 1,3,5-триметилбензол (6); 1,2,4-триметилбензол (7).

Качественный анализ с учетом интервалов времени, способа хранения и упаковки проводили для всех образцов.

По результатам проведенного эксперимента получили хроматограммы гексановых экстрактов для исследуемых объектов-носителей, подверженных термическому воздействию, и на основании качественного хроматографического анализа методом «отпечатков пальцев» провели сравнения с хроматограммами гексановых экстрактов образцов при различных условиях и способах хранения.

На рис. 1 приведена хроматограмма гексанового экстракта подверженного термическому воздействию образца ткани с нанесенным на ее поверхность автомобильным бензином.

Результаты качественного анализа на наличие в пробе остатков автомобильного бензина в зависимости от времени и способа хранения образца были сведены в табл. № 1.

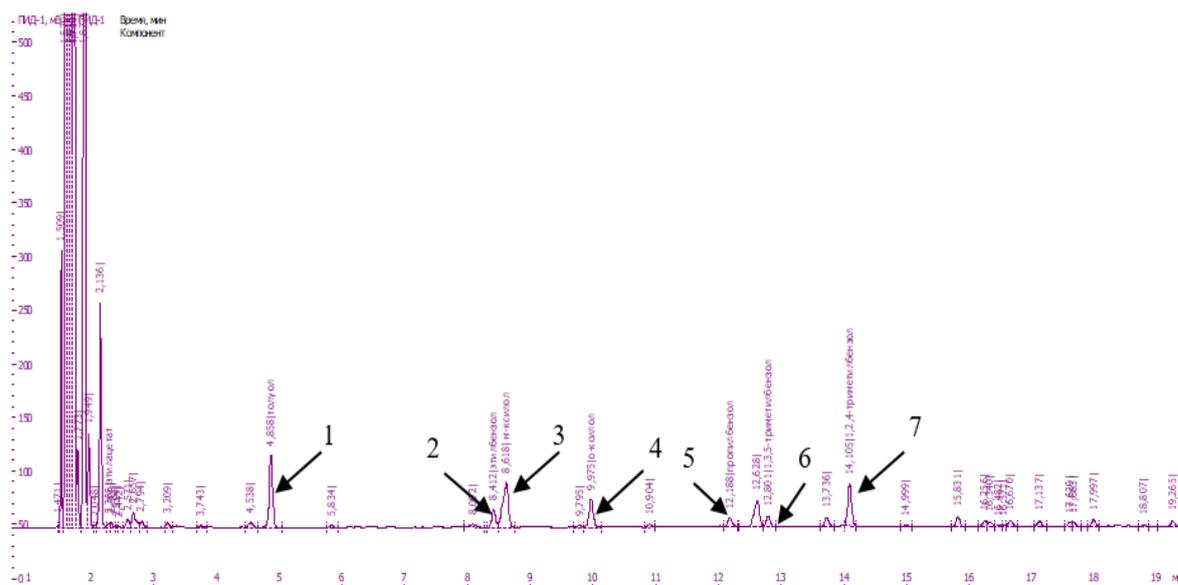


Рисунок 1. Хроматограмма гексанового экстракта подверженного термическому воздействию образца ткани с нанесенным на ее поверхность автомобильным бензином

Таблица 1
Наличие в пробе остатков автомобильного бензина в зависимости от времени и способа хранения образца

Объект-носитель	Наличие остатков бензина, дней								
	5			10			20		
	б/у*, 20 °С	в полимерном пакете	б/у, 5 °С	б/у, 20 °С	в полимерном пакете	б/у, 5 °С	б/у, 20 °С	в полимерном пакете	б/у, 5 °С
ткань	+	+	+	–	+	+	–	+	+
грунт	–	+	+	–	–	+	–	–	+
древесина (береза)	+	+	+	+	+	+	–	–	–
древесина (сосна)	–	+	+	–	–	+	–	–	–

* б/у – без упаковки

Анализируя полученные данные по результатам проведения качественного анализа, можно заключить, что ткань наиболее долгое время сохраняет остатки горючей жидкости, подверженной термическому воздействию. Грунт также может сохранять остатки горючей жидкости, однако, по сравнению с тканью, данный объект-носитель дольше удерживает интенсификаторы горения только при хранении в прохладном месте. При проведении исследований образцов древесины было

установлено, что в зависимости от сорта древесины, время сохранения остатков светлых нефтепродуктов, подверженных термическому воздействию, будет различным. Образцы древесины при длительном хранении не удерживают остатки горючей жидкости, подверженной термическому воздействию при любом способе хранения образцов.

Для подтверждения вышесказанного провели количественный анализ, це-

лю которого являлось определение количества вещества реперных компонентов в анализируемых пробах.

В основе количественного анализа лежит зависимость площади пика от количества вещества. Точность количественного хроматографического анализа в значительной степени определяется выбором наиболее рационального метода расчета концентрации веществ. Для определения количественного состава анализируемых смесей был выбран метод абсолютной градуировки. Сущность метода заключается в том, что в хроматографическую колонку вводят определенное количество известного вещества и устанавливают площади пиков. По полученным данным строят градуировочный график. Далее хроматографируют анализируемую смесь и по графику определяют содержание данного компонента [7].

С помощью программного обеспечения «Хроматек Аналитик 2,5» были получены значения площадей (S) реперных пиков (толуол, о-, м-ксилол, этилбензол, пропилбензол, 1,3,5-, 1,2,4-триметилбензол). Для определения количества данных

компонентов в анализируемых пробах построили градуировочный график для каждого из указанных веществ. Для этого в хроматографическую колонку вводили определенные количества известного вещества и устанавливали площади полученных пиков с помощью программного обеспечения «Хроматек Аналитик 2,5». По полученным значениям площадей пиков строили градуировочные графики и определяли концентрацию веществ. Градуировочный график для о-ксилола приведен на рис. 2.

Подставляя значения полученных по результатам качественного анализа площадей реперных пиков в соответствующие формулы, рассчитали количества вещества этих компонентов в анализируемых пробах. По результатам расчета с помощью программы MS Excel построили графики зависимости количества вещества реперных компонентов (входящих в состав автомобильного бензина) от времени хранения пробы. Полученные графики приведены на рис. 3–5.

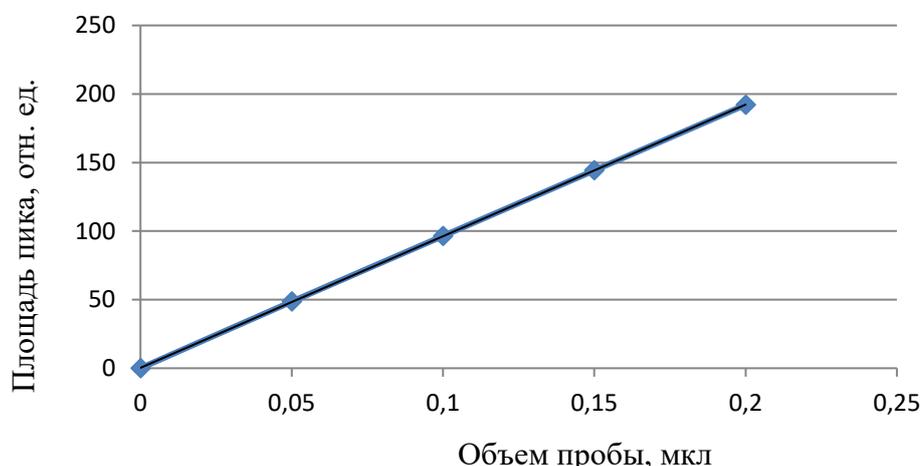


Рисунок 2. Градуировочный график зависимости площади пика (для о-ксилола) от объема вводимой пробы

Анализируя полученные графики (рисунки 3–5), можно сделать вывод, что при хранении всех объектов-носителей без упаковки при комнатной температуре через 5 дней количество вещества основных компонентов, входящих в состав автомобильного бензина, стремится к нулю. При

хранении в полимерном пакете даже при комнатной температуре количество вещества основных компонентов сохраняется длительное время. Для таких объектов-носителей как древесина (сосна) и грунт до 10 дней хранения, а для ткани и древесины

(береза) – до 20 дней хранения. При хранении без упаковки в холодном месте количество вещества выбранных компонентов сохраняется для такого объекта-носителя как древесина (сосна), до 10 дней хранения, а для ткани, грунта и древесины (береза) до 20 дней хранения.

На основании полученных данных можно заключить, что хранение объекта-носителя без упаковки при комнатной температуре не эффективно и способствует быстрому улетучиванию искомым компонентов с поверхности объекта-носителя.

Хранение изъятых после пожара образцов наиболее целесообразно в полимерном пакете или при хранении пробы в холодном месте, при чем в последнем случае остатки анализируемой жидкости сохраняются более 20 суток.

Таким образом, проведение экспериментов и полученные расчетные данные впервые позволили количественно обосновать выбор упаковки для хранения объекта-исследования.

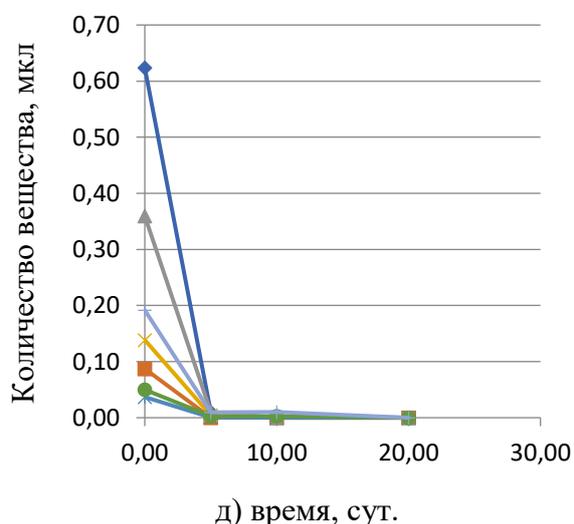
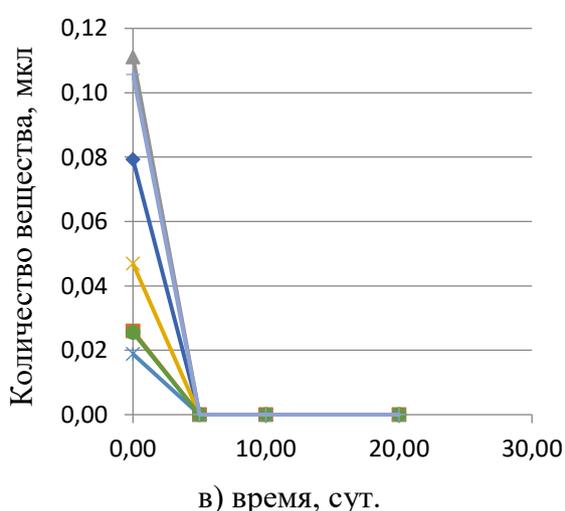
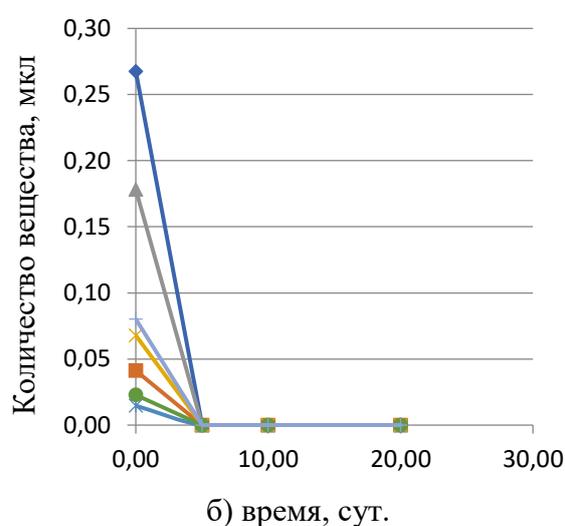
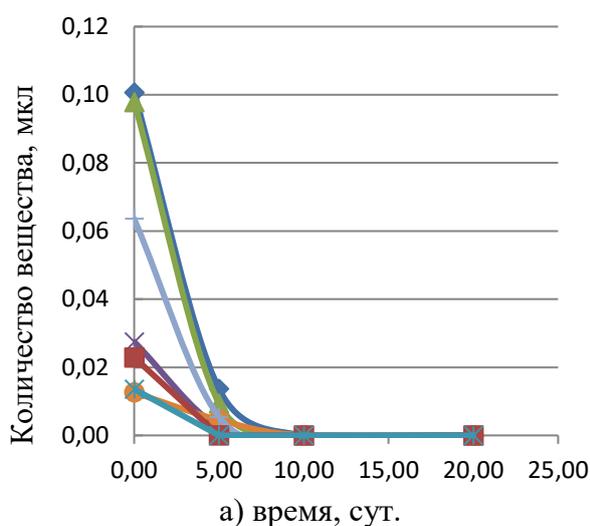


Рисунок 3. Сохранение остатков автомобильного бензина, подверженного термическому воздействию на разных объектах-носителях при хранении без упаковки при комнатной температуре: а) ткань; б) грунт; в) древесина (сосна); д) древесина (береза)

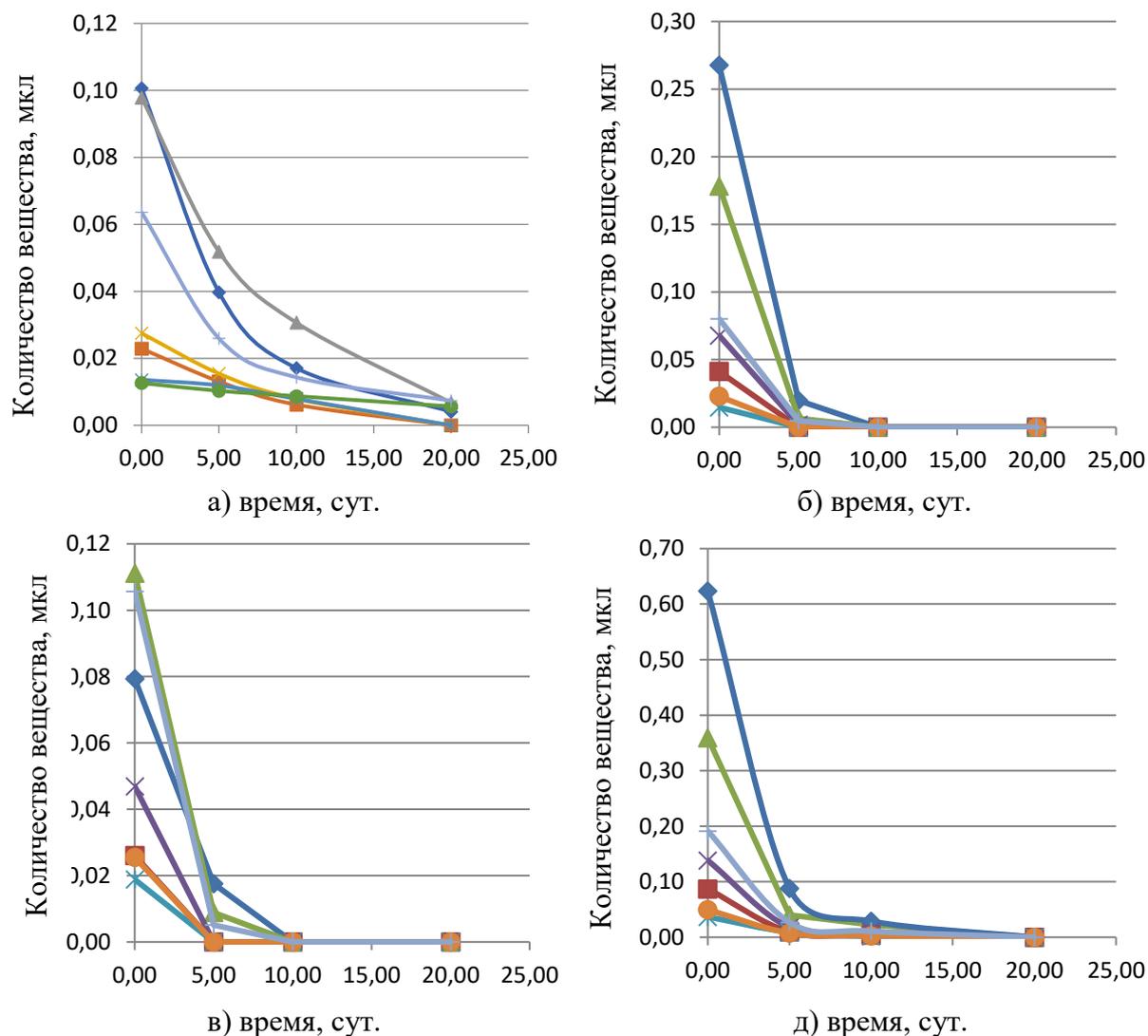


Рисунок 4. Сохранение остатков автомобильного бензина, подверженного термическому воздействию на разных объектах-носителях в полимерном пакете при комнатной температуре: а) ткань; б) грунт; в) древесина (сосна); д) древесина (береза)

По полученным графическим зависимостям с помощью программного обеспечения MS Excel были выведены формулы экстраполяции зависимости количества вещества (m , мкл/г) от времени хранения пробы (t , сут.).

В качестве примера, для толуола, содержащегося на обгоревшей ткани, хранившейся без упаковки при комнатной температуре (рис. 4, а), эта формула имеет вид:

$$m_{\text{толуол}} = (0,1015 \cdot e^{-0,114 \cdot t_{\text{толуол}}})/100, \quad (1)$$

где m – концентрация компонента в пробе, мкл/г; t – время, сут.

Для дальнейшего изучения условий сохранения следов горючей жидкости на объектах-носителях проведено исследование обратной зависимости, то есть определение времени хранения пробы.

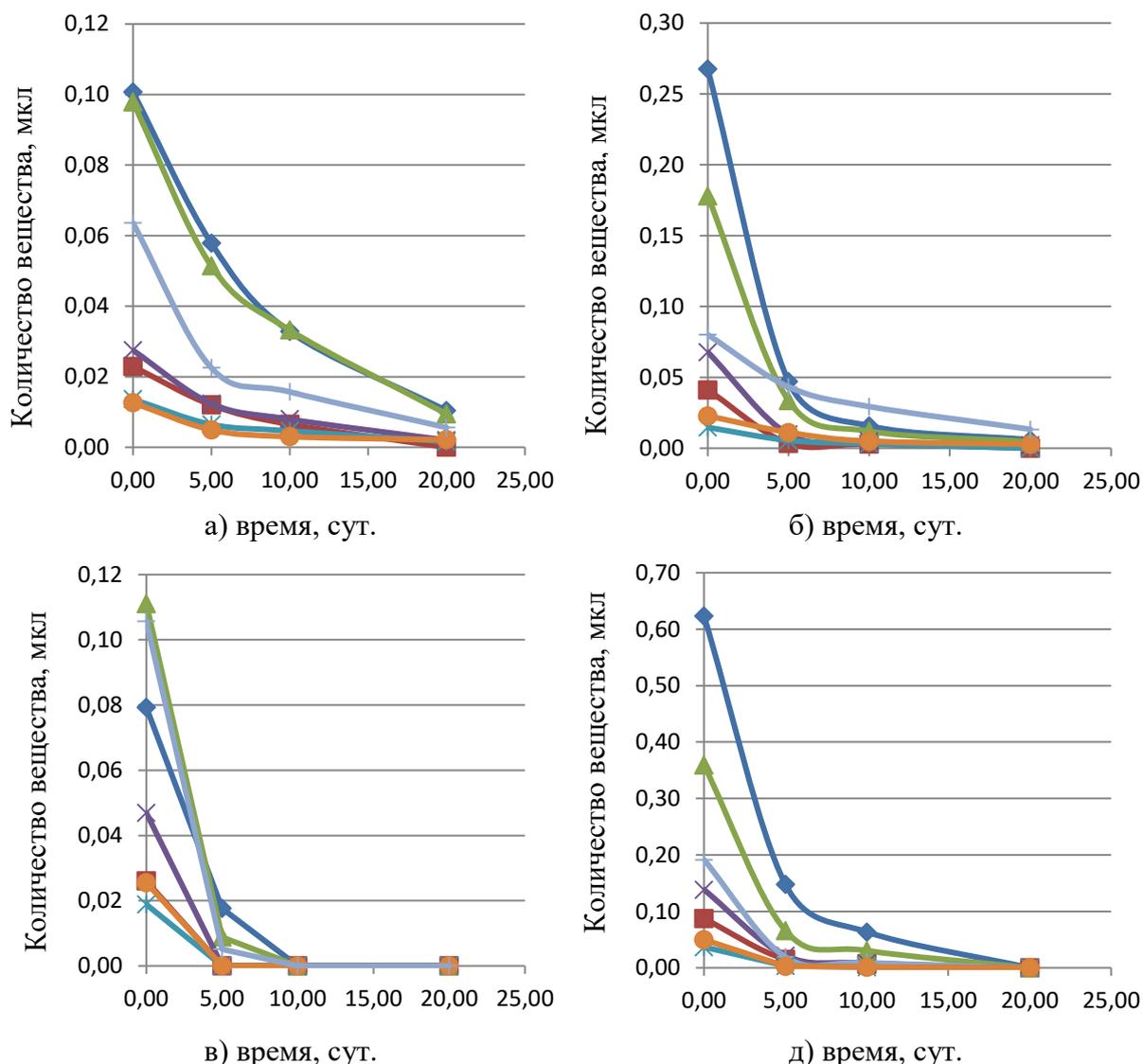


Рисунок 5. Сохранения остатков автомобильного бензина, подверженного термическому воздействию на разных объектах-носителях при хранении без упаковки при температуре 5°C: а) ткань; б) грунт; в) древесина (сосна); д) древесина (береза)

Для дальнейшего изучения условий сохранения следов горючей жидкости на объектах-носителях проведено исследование обратной зависимости, то есть определение времени хранения пробы.

Выразив из формулы (1) зависимость времени от концентрации компонента в анализируемой пробе, получили следующие выражение:

$$t_{\text{толуол}} = \frac{\ln\left(\frac{100 \cdot m_{\text{толуол}}}{0,1015}\right)}{-0,114}, \quad (2)$$

Для подтверждения полученных результатов, автором с реального пожара был изъят фрагмент ткани с предполагаемым

наличием интенсификатора горения. Образец хранился без упаковки при температуре 20 °C в течение 7 дней. Далее были приведены экстракция пробы и исследование с помощью газожидкостной хроматографии. По результатам качественного анализа установлено, что на образце ткани обнаружены остатки автомобильного бензина, подвергнутого термическому воздействию. По результатам количественного анализа рассчитано количество вещества реперных компонентов в пробе. Для толуола данное значение составило $4,6 \cdot 10^{-4}$ мкл/г. Подставив полученный ре-

зультат в эмпирическую формулу (2) соответствующую компоненту толуол, получили:

$$t_{\text{толуол}} = \frac{\ln\left(\frac{100 \cdot 4,6 \cdot 10^{-4}}{0,1015}\right)}{-0,114} = \frac{-0,79}{-0,114} \approx 6,9 \text{ сут.}$$

Подставляя значения рассчитанных количеств вещества для каждого реперного компонента в соответствующие компоненты формулы, рассчитали экспериментальное время хранения пробы по каждому из них. Результаты расчета свели в табл. 2.

Таблица 2

Экспериментальные значения количества вещества и времени хранения пробы для каждого реперного компонента, входящего в состав экстракта анализируемой пробы

№ п/п*	Название компонента	Количество вещества, мкл	Время, сут.
1	толуол	$4,6 \cdot 10^{-4}$	6,9
2	этилбензол	$2,4 \cdot 10^{-4}$	7,1
3	м-ксилол	$3,9 \cdot 10^{-4}$	7,0
4	о-ксилол	$2,8 \cdot 10^{-4}$	6,8
5	пропилбензол	$1,9 \cdot 10^{-4}$	6,8
6	1,3,5-триметилбензол	$2,1 \cdot 10^{-4}$	6,9
7	1,2,4-триметилбензол	$3,7 \cdot 10^{-4}$	7,1

* порядковые номера совпадают с номерами основных компонентов на рис. 1.

Полученное усредненное значение времени хранения реперных компонентов позволило подтвердить, что экспериментальное значение времени согласуется с реальным значением, что указывает на успешность анализа при количественной оценке сохранения остатков автомобильного бензина на объекте-носителе.

Анализ данного метода проводился с использованием автомобильного бензина марки «Премиум Евро-95 вид 1», производителя ОАО «Славнефть-ЯНОС». На основании ГОСТ 32513–2013 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия» установлено, что наибольшую объемную долю углеводородов в смеси бензина составляют ароматические углеводороды (до 35 %) [8]. Для проведения работы в качестве реперных компонентов выбраны арены (толуол, этилбензол, п-, м-, о-ксилолы, пропилбензол, 1,3,5-, 1,2,4-триметилбензолы). Следовательно, полученные результаты и выбранная методика может применяться при использовании злоумышленниками в качестве средства поджога бензинов других марок, а также разных производителей.

Выводы

В результате проведенного эксперимента методами качественного и количественного газожидкостного хроматографического анализа определили условия и возможность сохранения остатков автомобильного бензина, подверженного термическому воздействию на разных объектах-носителях – ткань, грунт, древесина (сосна, береза) с учетом варьирования времени и условий хранения.

Полученные эмпирические данные позволили количественно обосновать наиболее эффективный выбор упаковки для хранения изымаемого с места пожара образца, экспериментально рассчитать время хранения пробы и определить фактическое время возникновения реального пожара. Предложенная модель расчета была экспериментально апробирована в условиях реального пожара и может использоваться в судебной пожарно-технической экспертизе.

Литература

1. Чешко И. Д., Плотников В. Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара: в 2 кн. СПб., 2012. Кн. 2. 364 с.
2. Шеков А. А., Плотникова Г. В. Факторы, влияющие на обнаружение и идентификацию интенсификаторов горения методом газовой хроматографии // Эксперт-криминалист. 2019. № 1. С. 36–38.
3. Деметьев Ф. А., Пророк В. Я., Красильников А. В. Изучение изменений компонентного состава бензинов от степени выгорания // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2015. № 2. С. 49–56.
4. Иванов М. А., Галишев М. А., Деметьев Ф. А. Метод обработки результатов хроматографического анализа экстрактов ПАУ из товарных нефтепродуктов для целей идентификации // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2012. № 1. С. 17–21.
5. Иванов М. А. Технология обработки аналитической информации идентификации товарных нефтепродуктов в сложных органических матрицах: автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2012. 23 с.
6. Чешко И. Д., Принцева М. Ю., Яценко Л. А. Обнаружение и установление состава легковоспламеняющихся и горючих жидкостей при поджогах: метод. пособие. М., 2010. 90 с.
7. Прокофьев Д. В., Зенкевич И. Г. Количественный хроматографический анализ методом абсолютной градуировки с использованием дополнительного стандарта // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 4. Физика. Химия. 2016. Т. 3 (61), № 3. С. 337–344.
8. ГОСТ 32513–2013. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия. М., 2015. 21 с.

References

1. Cheshko I. D., Plotnikov V. G. Analysis of expert versions of fire occurrence. In 2 books. St. Petersburg, 2012. Book 2. 364 p.
2. Shekov A. A., Plotnikova G. V. Faktory, vliyaiushchie na obnaruzhenie i identifikatsiiu intensifikatorov goreniiia metodom gazovoi khromatografii // Ekspert-kriminalist. 2019. № 1. Pp. 36–38.
3. Dementev F. A., Prorok V. Ia., Krasilnikov A. V. Izuchenie izmenenii komponentnogo sostava benzinov ot stepeni vygoraniia // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoi protivopozharnoi sluzhby MCHS Rossii. 2015. № 2. Pp. 49–56.
4. Ivanov M. A., Galishev M. A., Dementev F. A. Metod obrabotki rezultatov khromatograficheskogo analiza ekstraktov PAU iz tovarnykh nefteproduktov dlia tcelei identifikatsii // Nadzornaia deiatelnost i sudebnaia ekspertiza v sisteme bezopasnosti. 2012. № 1. Pp. 17–21.
5. Ivanov M. A. Tekhnologiiia obrabotki analiticheskoi informatscii identifikatsii tovarnykh nefteproduktov v slozhnykh organicheskikh matritcakh: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. SPb., 2012. 23 p.
6. Cheshko I. D., Printceva M. Iu., Iatcenko L. A. Obnaruzhenie i ustanovlenie sostava legkovosplame-niaiuschikhhsia i goriuchikh zhidkosteii pri podzhogakh: metod. posobie. M., 2010. 90 p.
7. Prokofev D. V., Zenkevich I. G. Kolichestvennyi khromatograficheskii analiz metodom absolutnoi graduirovki s ispolzovaniem dopolnitelnogo standartar // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriiia 4. Fizika. KHimiia. 2016. T. 3 (61), № 3. Pp. 337–344.
8. GOST 32513–2013. Topliva motornye. Benzin neetilirovannyi. Tekhnicheskie usloviia. M., 2015. 21 p.