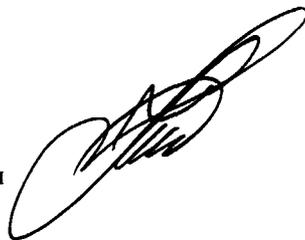


**МЧС РОССИИ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ  
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ**

*На правах рукописи*

**Кононов Сергей Иванович**



**СИСТЕМА МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ  
СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ  
ПРИ УСТАНОВЛЕНИИ ПОДЖОГОВ ЗДАНИЙ, КАК  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА**

**05.26.03 – пожарная и промышленная безопасность (строительство)**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Санкт-Петербург - 2005**

Работа выполнена в Санкт-Петербургском институте Государственной противопожарной службы МЧС России

**Научный руководитель**

доктор технических наук, доцент Галишев Михаил Алексеевич

**Официальные оппоненты:**

доктор технических наук, профессор Малинин Владимир Романович,  
кандидат химических наук, доцент Яблоков Владимир Михайлович

**Ведущая организация**

Ивановский институт Государственной противопожарной службы МЧС России

Защита состоится \_\_\_\_ \_\_\_\_\_ 2005 года в \_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета Д 205 003.01 при Санкт-Петербургском институте Государственной противопожарной службы МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского института Государственной противопожарной службы МЧС России

Автореферат разослан \_\_\_\_ \_\_\_\_\_ 2005 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



А. В. Фомин

2.006-4  
17533

3 2187103

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

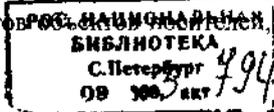
**Актуальность темы исследования.** Пожары зданий и сооружений часто носят крупномасштабный характер и могут приводить к массовой гибели людей. Среди всех пожаров, зарегистрированных в России в последние 4 года, пожары в зданиях различного назначения играют доминирующую роль и составляют ежегодно около 80 % всех пожаров. При этом наибольшее число пожаров происходит в жилом секторе (в среднем 72 - 73 % в год).

Распространенной причиной пожара строительного объекта является его умышленный поджог. Поджоги остаются в последние годы единственной причиной пожара, по которой наблюдается неуклонный рост их числа. При этом количество пожаров от поджогов возросло в целом по России от 8156 в 2001 году до 14746 в 2004 году.

Установление поджога, как причины пожара, является одним из самых сложных вопросов, решаемых при техническом обеспечении расследования пожаров. Для этого требуется квалифицированный осмотр места происшествия с участием пожарно-технических специалистов, использование юридических и специальных знаний в области противопожарной техники и безопасности, пожарно-технической экспертизы, грамотное применение современной криминалистической техники. Такой комплексный и системный подход всех служб, в том числе и оперативных, принят сейчас во всех ведущих экономически развитых странах мира.

Актуальность данной диссертационной работы определяется тем, что проблема расследования поджогов зданий самого различного назначения, до сегодняшнего дня решена еще далеко не полностью. Обнаружение на месте пожара следов горючих жидкостей является одним из главных, хотя, разумеется, не единственным квалификационным признаком умышленной причины возникновения пожара. Современное технико-методическое обеспечение расследования поджогов часто выдвигает указанный признак на первый план, а сочетание данного условия со множественностью первичных очагов пожара, быстрой динамикой развития пожара и выявлением в ряде случаев устройств и приспособлений для поджога позволяет считать поджог достоверной причиной пожара.

При установлении причин пожаров необходимо уметь отслеживать наличие в объектах наряду с большими визуально фиксируемыми количествами горючих жидкостей, также и их следовые количества. Последняя задача принципиально сложнее и имеющиеся методы ее разрешения дают подчас неоднозначные результаты. Малые содержания горючих жидкостей неизбежно подразумевают их целостность с системой объекта носителя, что делает неприслельным применение для их изучения частных методик исследования выявляемых на пожаре объемных количеств горючих жидкостей. Это определяется, во-первых, крайней ограниченностью исследуемого материала, во-вторых, мешающим влиянием на результаты анализа органических компонентов продуктов горения, общая масса ко-



торых при этом становится соизмерима с количеством инородных горючих жидкостей.

В связи со сказанным приобретает важное значение изучение состава и свойств строительных материалов органической природы, которых, как правило, в зданиях и сооружениях имеется большое число и разнообразие. Это могут быть древесные материалы, ткани, синтетические и искусственные полимерные материалы и т.д. Появление в последние годы большого ассортимента новых строительных и отделочных материалов существенно усложняет решение данной задачи.

В ее решении важнейшим и центральным звеном является выявление устойчивых характеристик равновесного состояния систем, или как принято говорить их фоновых параметров. Без наличия знаний о фоновых характеристиках изучаемых объектов, в частности, о составе и свойствах входящих в них органических соединений невозможно зафиксировать отклонение систем от нормы. Такие отклонения могут носить двоякий характер. С одной стороны, изменения состава органических компонентов могут быть закономерно связаны со степенью термического воздействия на тот или иной материал на пожаре. Выявленные при этом показатели можно использовать в качестве очаговых признаков пожара, то есть зон с большей или меньшей степенью термического преобразования материалов на пожаре. С другой стороны, наличие занесенных извне горючих жидкостей приходится фиксировать на фоне потенциально мешающего влияния органических компонентов объектов-носителей, которые экстрагируются совместно с ними.

Несмотря на относительно большое число отдельных методических разработок, посвященных изучению остатков веществ, которые могут быть использованы в качестве инициаторов горения, до сих пор при проведении пожарно-технических экспертиз далеко не все диагностические и идентификационные задачи успешно разрешаются.

Методические сложности при анализе следов ЛВЖ и ГЖ помимо малых количеств анализируемых веществ, дополнительно обусловлены теми изменениями, которые претерпевают горючие жидкости под влиянием разрушительного теплового воздействия пожара.

Однако мощный прогресс аналитического приборостроения и внедрение в эту область современных компьютерных технологий дают возможность решать задачи по установлению причин пожаров на качественно новом уровне.

Тема диссертации поставлена в соответствие с планом научно-исследовательских работ, проводимых на кафедре исследования и экспертизы пожаров Санкт-Петербургского института Государственной противопожарной службы МЧС России по техническому обеспечению расследования и экспертизы пожаров и поджогов.

Целью настоящей работы является совершенствование методов экспертной диагностики горючих жидкостей, находящихся в качестве

инициаторов горения на строительных материалах и конструкциях во внутренних интерьерах зданий при установлении умышленной причины возникновения пожара.

#### **Задачи исследования.**

1. Разработка методики выявления очаговых признаков пожара на основе исследования свойств строительных материалов в их исходном состоянии и после изменений, вносимых термическим воздействием пожара
2. Оценка степени сохранности и возможностей диагностики после пожара горючих жидкостей, находящихся в виде следов на поверхности или в объеме строительных и отделочных материалов различной природы.
3. Исследование возможности выявления и диагностики следов горючих жидкостей в отложениях копоти на путях распространения конвективных потоков из зоны очага пожара по объему помещений.

#### **Объекты исследования.**

Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, используемые в качестве инициаторов горения при поджогах, материалы различной природы, составляющие конструктивные элементы зданий и сооружений и предметов интерьера, отложения копоти, образующиеся на поверхности строительных материалов и конструкций на путях распространения конвективных потоков

**Методы исследования.** Поставленные в работе задачи решались экспериментально и аналитически с использованием лабораторного моделирования, инфракрасной спектроскопии (ИКС), флуоресцентной спектроскопии. Обработка результатов анализов осуществлялась на ПЭВМ

#### **Научная новизна.**

Изучены особенности состава органических компонентов, формирующихся в различных строительных материалах, в результате термического воздействия пожара и разработана система очаговых признаков пожара, базирующаяся на выявленных при этом закономерностях

Обоснованы аналитические параметры диагностики занесенных извне инициаторов горения, находящихся после пожара в виде следов на поверхности или в объеме строительных и отделочных материалов, составляющих пожарную нагрузку зданий и сооружений.

Впервые установлена возможность выявления и параметры диагностики следов горючих жидкостей, оседающих совместно с сажевыми частицами на холодных поверхностях на путях распространения конвективных потоков из зоны очага пожара по объему помещений

#### **Практическая значимость работы.**

Внедрение методов выявления очаговых признаков, основанные на изучении особенностей поведения на пожаре органических компонентов строительных и отделочных материалов, повышает достоверность установления очага пожара

Комплексная методика экспертного исследования следов горючих жидкостей, обнаруживаемых на материалах, составляющих пожарную на-

грузку зданий и сооружений, опробована при исследовании изъятых с реальных пожаров образцов и показала свою полную работоспособность.

Результаты работы используются в практической деятельности органов Государственного пожарного надзора, что способствует повышению эффективности и достоверности установления причин пожаров и повышает объективность и доказательную силу проводимых экспертных исследований.

Основные положения работы используются в учебном процессе Санкт-Петербургского института ГПС МЧС России при проведении занятий по курсу «Расследование пожаров».

**Фактический материал.** Достоверность выводов, сформулированных в диссертации, определяется значительным объемом экспериментального материала по изучению горючих жидкостей; продуктов их термического преобразования; органических компонентов материальных объектов пожарной нагрузки зданий и сооружений в их исходном виде и после термического воздействия.

**Апробация работы.** Основные результаты работы рассматривались на III Международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» (Минск, 2005); Межрегиональной научно-практической конференции «Перспективы развития пожарно-технической экспертизы и расследования пожаров» (СПб, 2005); Международной пожарно-технической выставке «Пожарная безопасность XXI века» (Москва, 2005); Международной научно-практической конференции «Пожарная охрана мира. Расширение функций и задач» (СПб, 2005).

#### **Публикации.**

По теме диссертации опубликовано 5 печатных работ.

#### **Основные положения, выносимые на защиту.**

- система очаговых признаков пожара, базирующаяся на особенностях состава экстрагируемых органических компонентов строительных материалов, позволяющая получать информацию о степени их термического преобразования в относительно низкотемпературном диапазоне от 100 до 300-350 °С;
- система спектральных аналитических параметров диагностики занесенных извне инициаторов горения, находящихся после пожара в исходном или частично выгоревшем виде на поверхности или в объеме строительных материалов и конструкций зданий и сооружений;
- спектральные параметры состава органических компонентов копоти, позволяющие выделять температурные зоны на путях распространения конвективных потоков из очага пожара по объему помещений и устанавливать наличие в копоти следов инородных горючих жидкостей – инициаторов поджога.

**Объем и структура работы.** Работа состоит из введения, трех глав и заключения общим объемом 132 стр., включая список литературы из 112 наименований, 50 рисунков, 7 таблиц

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Введение.

Во введении изложены актуальность темы исследования, сформулированы цель и основные задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы.

### Глава I. Методы исследования свойств строительных материалов и конструкций зданий в экспертизе пожаров

Ассортимент современных строительных и отделочных материалов в последнее время существенно видоизменился, как за счет появления новых, так и за счет изменения соотношения в количествах отдельных видов используемых материалов. Многие из современных строительных материалов поставляются непосредственно зарубежными производителями под торговыми наименованиями. Примером может служить утеплитель - минеральная вата, поставляемая под названием «изовер». Из-за отсутствия данных об их составе, в частности о содержании органических компонентов, многие их свойства приходится устанавливать только методами прямых испытаний.

Процессы, происходящие с горючими строительными материалами во время пожара, сводятся не только к изменению физических свойств, формы, размеров, структуры, но и к коренному преобразованию химического состава и строения, частичному выгоранию, выделению горючих летучих и жидких продуктов вплоть до полного уничтожения. Тем не менее, сохранившиеся остатки органических материалов являются очень важным объектом пожарно-технической экспертизы. Методы их исследования тщательно разработаны и являются важнейшим источником информации при поисках очага пожара.

В частности для выявления очаговых признаков пожара используют исследование элементного состава, термический анализ, инфракрасную спектроскопию. Для изучения древесины и других органических материалов, дающих твердый карбонизованный остаток при горении, хорошо зарекомендовал себя метод, основанный на замерах электросопротивления, дающий информацию начиная с температур 250-300 °С. Метод ИК-спектроскопии твердых образцов позволяет получать значимую информацию начиная с температур прогрева около 300 °С. Он используется в основном для анализа остатков различных видов лакокрасочных покрытий и ряда полимерных материалов.

Многообразие используемых поджигателями горючих жидкостей, сложность их составов, содержащих многокомпонентные смеси различных химических соединений, различие в исходном сырье, неоднозначные изменения, происходящие с ними на пожаре, делают их одними из самых сложных объектов экспертных исследований. Исследования, проведенные в последние годы, и экспертная практика показали, что успешная диагностика жидкостей, использованных для поджога, возможна по схеме, состоящей из нескольких этапов, с применением комплекса инструментальных методов, среди которых в первую очередь применяются газожидкостная хроматография, инфракрасная и флуоресцентная спектроскопии. Дан-

ная схема не является простым набором перечисленных методов, а построена по принципу возрастания трудоемкости и информативности познавательных методов на каждом последующем этапе исследования.

Имеющиеся на месте пожара образцы, предположительно содержащие остатки инициаторов горения, часто находятся в количестве и виде просто не пригодном для детального анализа, поэтому методы, применяющиеся для их анализа должны иметь, помимо прочего, очень высокую чувствительность

Первым в разработанной комплексной схеме исследования следов горючих жидкостей является чувствительный, экспрессный, относительно простой метод спектрофлуоресценции, не требующий к тому же концентрирования экстракта и не уничтожающий пробу

Второй из предлагаемых методов исследования – инфракрасная спектроскопия, в последнее время часто неоправданно игнорируется многими специалистами при изучении горючих жидкостей. Его применение, на наш взгляд совершенно необходимо, поскольку среди сравнительно простых методов только ИК-спектроскопия дает однозначный ответ о наличии неуглеводородных компонентов, входящих в состав горючих жидкостей.

Для более точной диагностики и идентификации инородных горючих жидкостей часто используют метод газожидкостной хроматографии. Однако по чувствительности газо-жидкостная хроматография уступает методам флуоресцентной спектроскопии и ИК-спектроскопии, особенно при исследовании окисленных или выгоревших остатков светлых нефтепродуктов. При изучении экстрактивных органических компонентов строительных материалов методом газожидкостной хроматографии, проведенном в настоящей работе, не удалось выявить какие-либо четкие диагностические критерии, позволяющие использовать их в качестве очаговых признаков.

**Глава II. Выявление очаговых признаков пожара на основе изучения экстрактивных органических компонентов строительных материалов и конструкций зданий и сооружений**

В работе, с целью выявления очаговых признаков пожара изучены спектральные характеристики экстрактов органических соединений (ЭОС) различных конструкционных и отделочных материалов, составляющих пожарную нагрузку в зданиях и сооружениях. Экстракты исследовались методами флуоресцентной спектроскопии и инфракрасной спектроскопии по методической схеме, представленной на рисунке 1. Комплексный анализ методами спектрофлуоресценции и инфракрасной спектроскопии экстрактивных компонентов такой широкой гаммы строительных материалов, испытавших термическое воздействие, проводится впервые.

Качественные и количественные изменения в составе экстрагируемых органических соединений по мере увеличения степени прогрева образца позволяют изучать свойства и особенности поведения органических материалов на пожаре. Установлено, что заметные фиксируемые изменения в спектральных характеристиках экстрактов изученных материалов начинают происходить уже на стадии прогрева до 100 °С.

**Схема экспертного исследования свойств строительных материалов и конструкций зданий и сооружений при поиске очага пожара и установлении умышленной причины возникновения пожара**

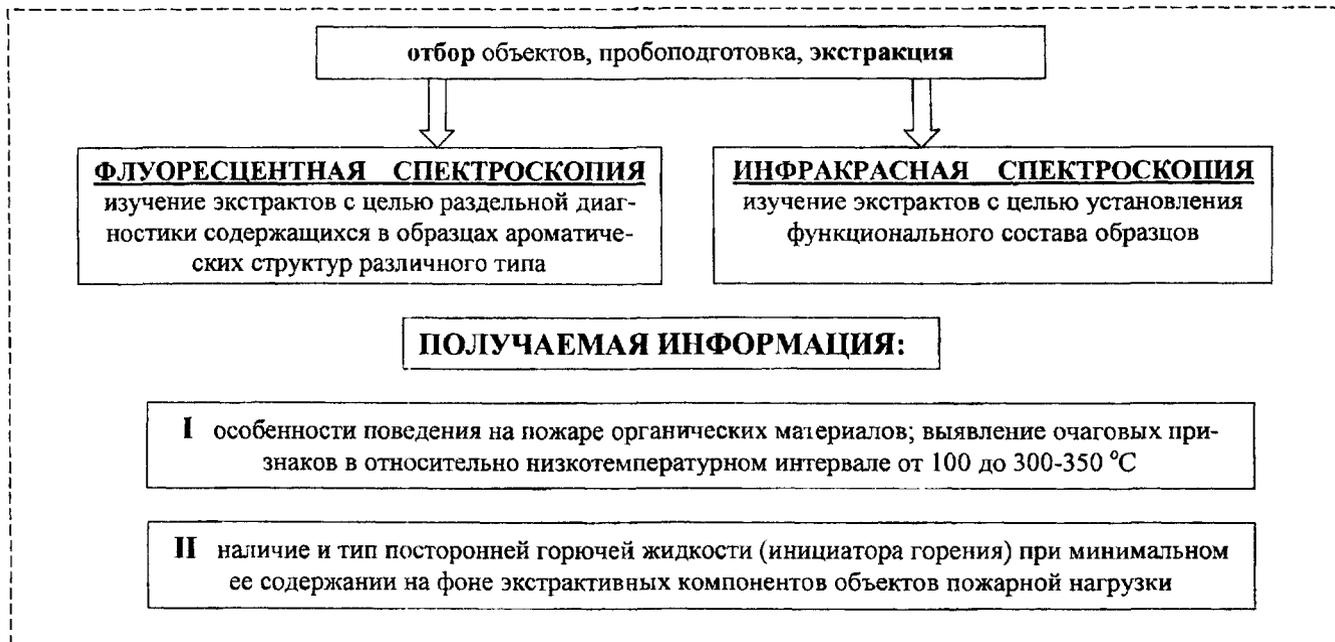


Рис. 1

В частности, наиболее распространенный основной максимум в спектрах возбуждения флуоресценции у изученных образцов наблюдается в диапазоне длин волн 350-380 нм, и незначительно сдвигается от этого значения по мере прогрева образцов. Изменения, наблюдающиеся в характере флуоресценции, касаются количественной характеристики – относительной интенсивности флуоресценции. Такие изменения зафиксированы в экстрактах ДСП, ДВП, ламината, сосновой древесины, ковролина, линолеума, пенопласта. Это позволяет использовать данные материалы для их сравнительного изучения при установлении признаков направленности термического воздействия и ориентировочной температуры прогрева (рис. 2)

С другой стороны, в экстрактах ряда материалов выявляются ярко выраженные качественные изменения флуоресцентных характеристик. К таким материалам относятся фанера (при прогреве выше 250 °С), утепленный линолеум (при прогреве выше 250 °С), поролон (при прогреве выше 200 °С), изолвер (при прогреве выше 200 °С). К таким же качественным параметрам следует отнести дополнительные максимумы флуоресценции при длинах волн 405 и 435 нм в экстрактах ковролина и линолеума, прогретых выше 200 °С. Эти качественные изменения в характере флуоресценции могут служить очень важными показателями степени термического преобразования конкретных материалов и являться надежными очаговыми признаками (рис. 3)

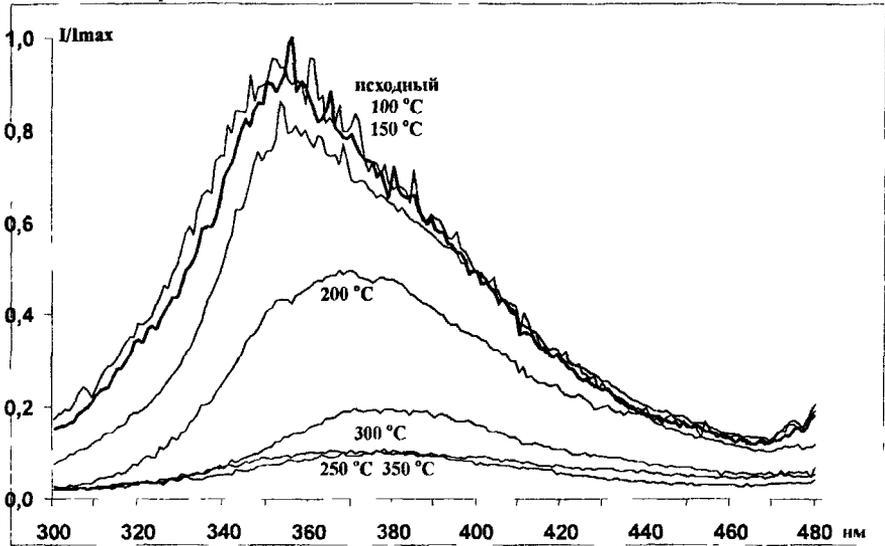
Аналогичные результаты могут быть получены при интерпретации инфракрасных спектров экстрактов изученных строительных материалов. Изменения в количестве высвобождающихся на каждом этапе прогрева алифатических структур могут быть использованы при установлении признаков направленности термического воздействия и ориентировочной температуры прогрева. В частности, резкое увеличение содержания этих компонентов уверенно фиксируется в образцах ДСП при температуре 250 °С, сосновой древесины (250 °С), а уменьшение – у образцов ДВП (150 °С). В синтетических материалах наблюдается регулярное возрастание содержания алифатических структур без резких перепадов. Характерным диагностическим признаком может служить наличие кислых компонентов в экстрактах синтетических материалов средних степеней прогрева (рис. 2, 3)

В целом температурный диапазон получения информации о поведении повсеместно распространенных органических материалов начинается при температурах от 100 °С и распространяется до температур 300-350 °С

Разумеется, в очаге пожара такие относительно низкие температуры устанавливаются очень редко, поэтому выявленные признаки могут быть отнесены к признакам направленности распространения горения на участках удаленных от места первоначального возникновения горения. Они могут дать очень ценную информацию о путях распространения конвективных потоков в помещениях, смежных с зоной горения

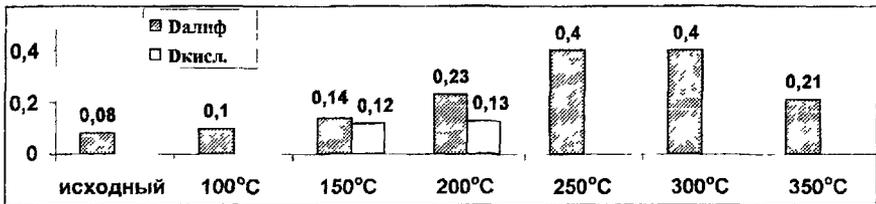
Полученные в результате настоящей работы данные служат экспериментальным обоснованием использования спектрального анализа экс-

трактов органических строительных материалов при поисках очага пожара в зданиях и сооружениях. Конкретные спектральные характеристики экстрактивных органических соединений изученных материалов могут использоваться при экспертном исследовании обстановок на местах реальных пожаров.



$T, ^\circ\text{C}$	исходный	100	150	200	250	300	350
$I/I_{max}$	0,9	1,0	0,9	0,5	0,1	0,2	0,1
max, нм	340-370	340-370	340-370	350-390	350-390	350-400	360-410

а. По данным спектров возбуждения флуоресценции



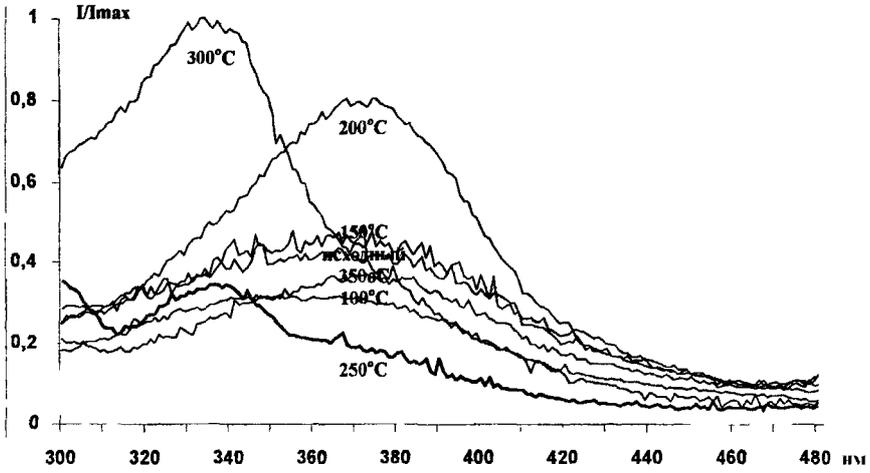
б. По данным ИКС

Рис. 2. Спектральные характеристики экстрактов образцов ДСП

Полученные данные могут также найти практическое использование для оценки степени термического воздействия на тот или иной конструктивный элемент здания при установлении возможности его дальнейшего использования. Для органических материалов именно температуры 250-300 °C

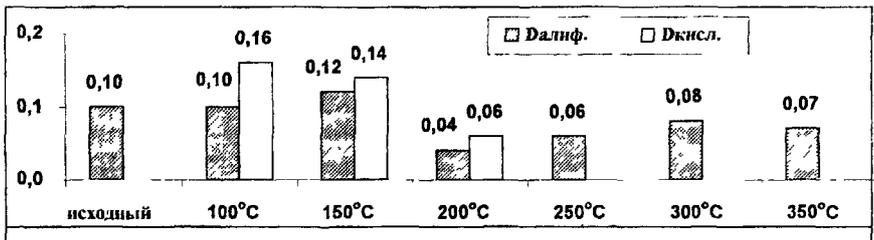
могут оказаться критическими, с точки зрения необратимой потери эксплуатационных свойств.

Выявленные характеристики имеют также важнейшее значение при поиске в объеме или на поверхности строительных материалов остатков инициаторов горения, что служит одним из основных прямых доказательств совершенного поджога.



$T, ^\circ\text{C}$	исходный	100	150	200	250	300	350
$I/I_{\text{max}}$	0,5	0,3	0,5	0,8	0,4	1,0	0,4
$\lambda_{\text{max}}$ , нм	360-380	360-380	360-380	360-380	325-345	325-345	360-380

а. По данным спектров возбуждения флуоресценции



б. По данным ИКС

Рис. 3. Спектральные характеристики экстрактов образцов фанеры

### Глава III. Установление признаков поджога на основе диагностики горючих жидкостей, находящихся на строительных материалах в зонах очага пожара и на путях распространения конвективных потоков

Возможность обнаружения ивородных ЛВЖ на строительных материалах зависит от степени сохранности горючих жидкостей в объеме объектов носителей в условиях пожара, которая, в первую очередь связана с пористостью объектов. В настоящей работе были проведены эксперименты по установлению эффективной пористости различных строительных материалов, которую определяли по способности насыщаться керосином (керосинонасыщаемость). Степень сохранности горючих жидкостей на образцах строительных материалов устанавливалась методом флуоресцентной спектроскопии экстрактов материалов, пропитанных равными количествами Уайт-спирита и прогретых в изотермическом тепловом поле при температуре нагрева 100 °С.

Была оценена зависимость степени сохранности горючих жидкостей от эффективной пористости строительных материалов в условиях теплового воздействия (рис. 4) Исходя из позиций сохранности ЛВЖ в объектах, составляющих пожарную нагрузку зданий и сооружений не вызывает сомнений, что наиболее качественные результаты можно получить при диагностике инициаторов горения в таких материалах, как древесноволокнистые плиты; материалы, идущие на изготовление мягкой мебели - ватин, поролон, обивочная ткань; ворсистые напольные покрытия

В плотные древесные материалы, таких как ДСП, паркет, ламинат, сосновая доска горючие жидкости впитываются хуже и неравномерно, о чем свидетельствует высокий коэффициент вариации при определении керосинонасыщаемости этих материалов. Со стороны лицевой поверхности этих материалов инициаторы горения сохраняются хуже, следовательно, при их анализе возможны ошибки, связанные с малым количеством пробы. Можно сделать вывод, что дававшиеся ранее рекомендации о безуспешности отбора для исследования ЛВЖ проб обугленной древесины определяются именно плохой пористостью древесины. Выдвигаемая ранее трактовка этого вопроса, связывавшая полное выгорание горючих жидкостей при пиролизе древесины плохо согласовывалась с рекомендациями об отборе для диагностики горючих жидкостей обугленных участков тканей, пиролизирующихся при температурах не меньших, чем древесина.

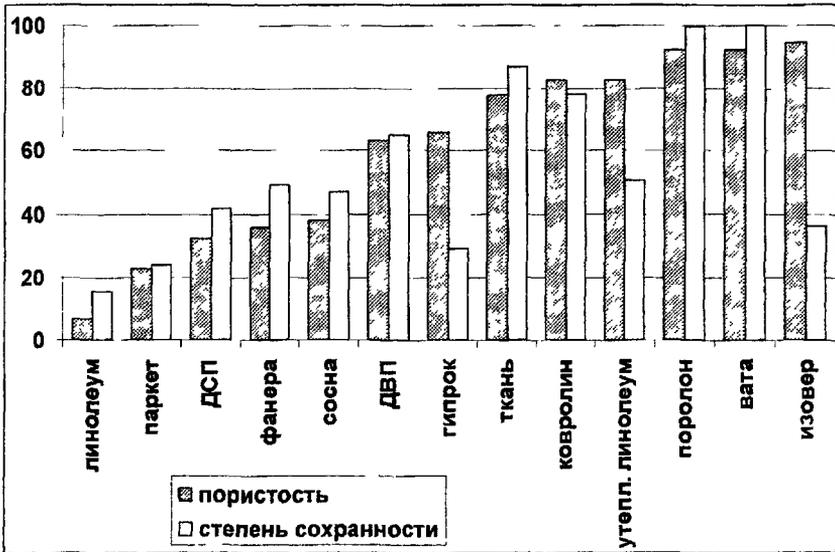


Рис. 4 Соотношения между эффективной пористостью строительных материалов и степенью сохранности в них горючих жидкостей

С другой стороны, качественный характер спектров флуоресценции полученных в этих экспериментах, полностью повторяет аналогичные спектры исходного Уайт-спирита (рис. 5)

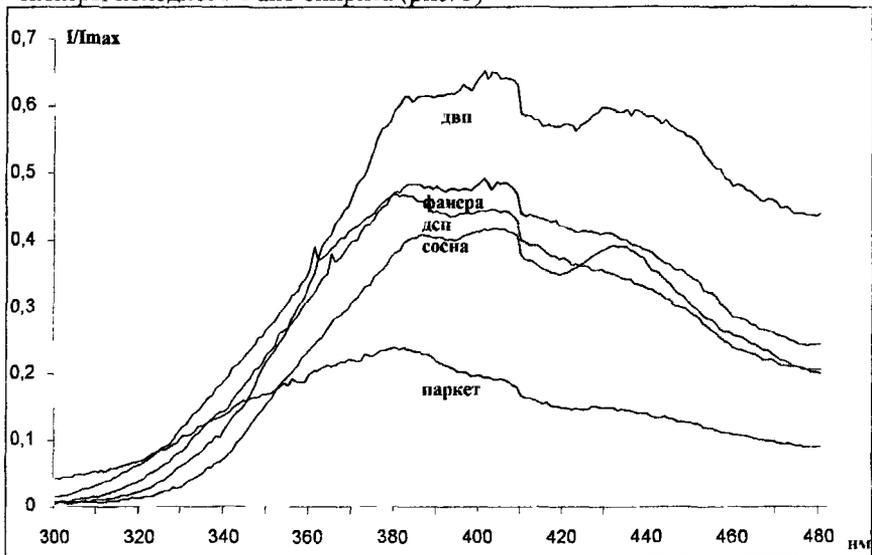


Рис. 5. Спектры возбуждения флуоресценции экстрактов древесных материалов с Уайт-спиритом после прогрева при 100 °С

Практически бесполезно отбирать для исследования ЛВЖ пробы гладких синтетических напольных покрытий, подобных линолеуму. С утепленного линолеума имеет смысл отбирать пробы только с ворсистой основы, если исходя из обстановки на месте пожара можно предполагать затаскивание в нее горючей жидкости.

Несмотря на высокую пористость такого материала, как минеральная вата, пробы этого материала для поиска в них горючих жидкостей проводить не рекомендуется. Если в спектрах экстрактов всех органических материалов с ЛВЖ более или менее выражены три максимума возбуждения флуоресценции при 380, 405 и 435 нм, характерные для бензинов, то на спектрах экстрактов ЛВЖ с неорганических материалов имеются совершенно иные максимумы флуоресценции при 300 и 340-370 нм (рис 6).

Каким-то образом эти материалы впитывают лишь легкие компоненты ЛВЖ, дающие флуоресценцию в коротковолновой области спектра. Возможно, на формировании такой картины сказывается хроматографический эффект. Известно, в частности, что стекловолокно применялось и применяется в качестве неподвижной насадки в хроматографических колонках. Изменение качественного состава горючих жидкостей на этом материале предопределяет возможность ошибки при установлении типа инициатора горения. По той же причине не следует отбирать для диагностики ЛВЖ пробы гипсокартонных плит.

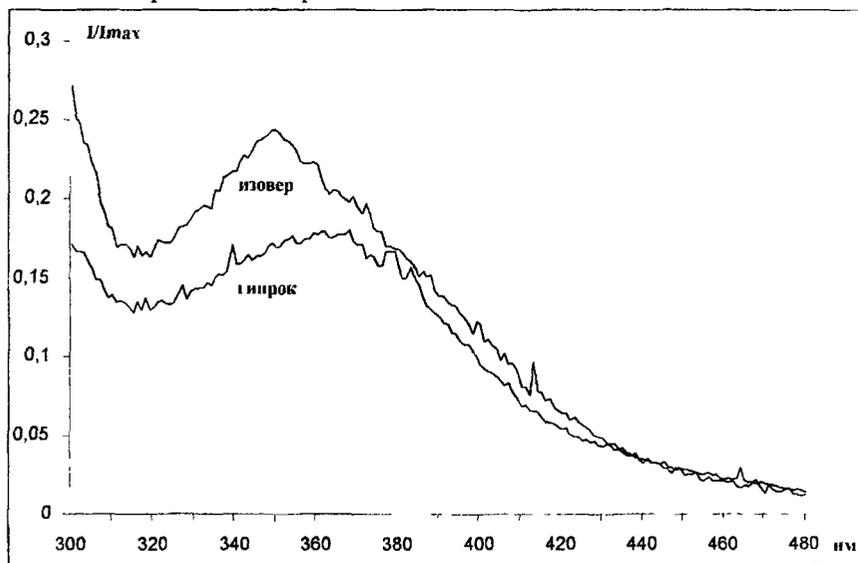


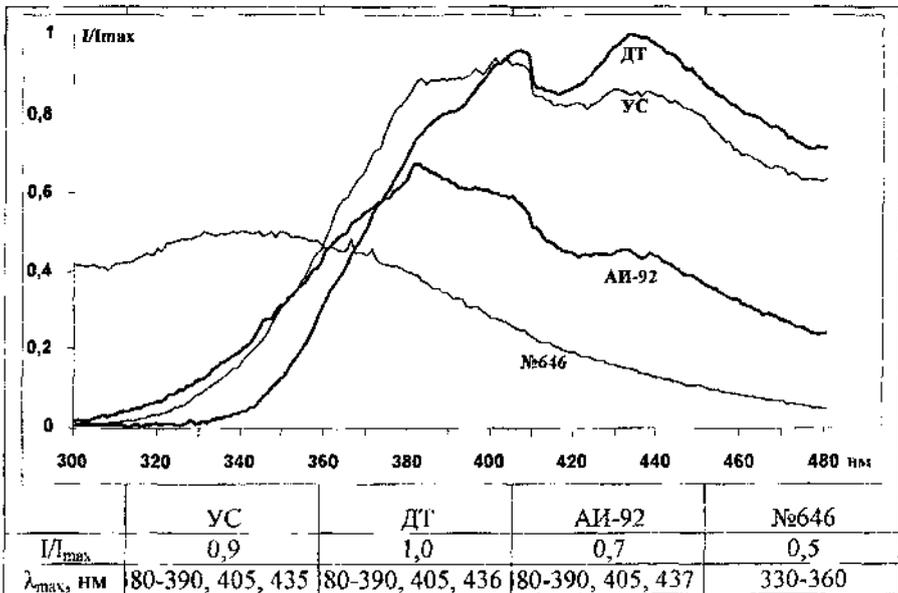
Рис. 6. Спектры возбуждения флуоресценции экстрактов неорганических материалов с Уайт-спиритом после прогрева при 100 °С

Помимо количественного показателя степени сохранности горючих жидкостей, попадающих на строительные материалы, в работе установлены значимые отличия между качественным составом экстрактов исходных органических материалов и экстрактов этих же материалов со следами горючих жидкостей.

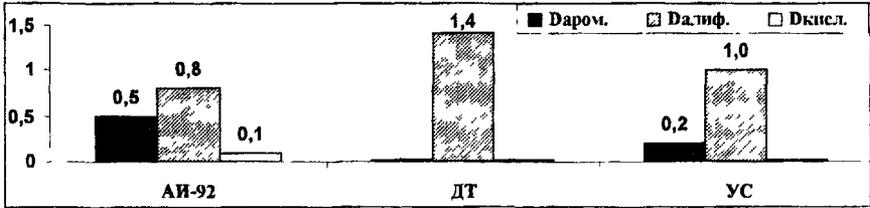
По данным флуоресцентной спектроскопии в экстрактах образцов древесных материалов сожженных совместно с ЛВЖ во всех случаях наблюдается существенно более высокая интенсивность флуоресценции по сравнению с образцами чистых древесных материалов. При этом проявляется характерный для моторных топлив тип флуоресценции с максимумами при 380, 405 и 435 нм (рис. 7).

Среди образцов древесных материалов, сожженных с ЛВЖ, наибольшая интенсивность флуоресценции наблюдается у образцов рыхлых материалов - ДВП и ДСП, что очевидно связано с наилучшей сохранностью горючих жидкостей в объемах этих материалов.

По данным ИК-спектроскопии можно также диагностировать наличие моторных топлив, в том числе их частично выгоревших остатков, на органических материалах различной природы. В частности существенно повышается содержание алифатических структур. В спектрах высокооктановых бензинов (АИ-92) проявляется наличие ароматических структур



а. По данным спектров возбуждения флуоресценции



б. По данным ИКС

**Рис. 7. Спектральные характеристики экстрактов образцов ДВП с горючими жидкостями**

Сложное обстоит дело с исследованием следов инициаторов горения на синтетических полимерных материалах. Качественные параметры спектров возбуждения флуоресценции экстрактов прогретых синтетических полимеров делают их в некоторых случаях схожими со спектрами ЛВЖ в части наличия характерных максимумов при 370-390, 405, 435 нм (рис. 8). Поэтому диагностика наличия горючих жидкостей на таких материалах может осуществляться только по количественным показателям.

В работе изучены экстракты копоти, осаждающейся на местах пожаров и в смежных помещениях, в зонах с различной степенью прогрева в относительно низкотемпературном интервале (от 20 до 400 °С), для исследования которого, как уже указывалось, имеются пока довольно ограниченные возможности. При этом определялась зависимость состава копоти только от одного изменяемого параметра (температура поверхности) при прочих равных условиях. В качестве горючей нагрузки была использована смесь различных материалов, исследованных в настоящей работе. Моделирование осуществлялось в радиационной печи.

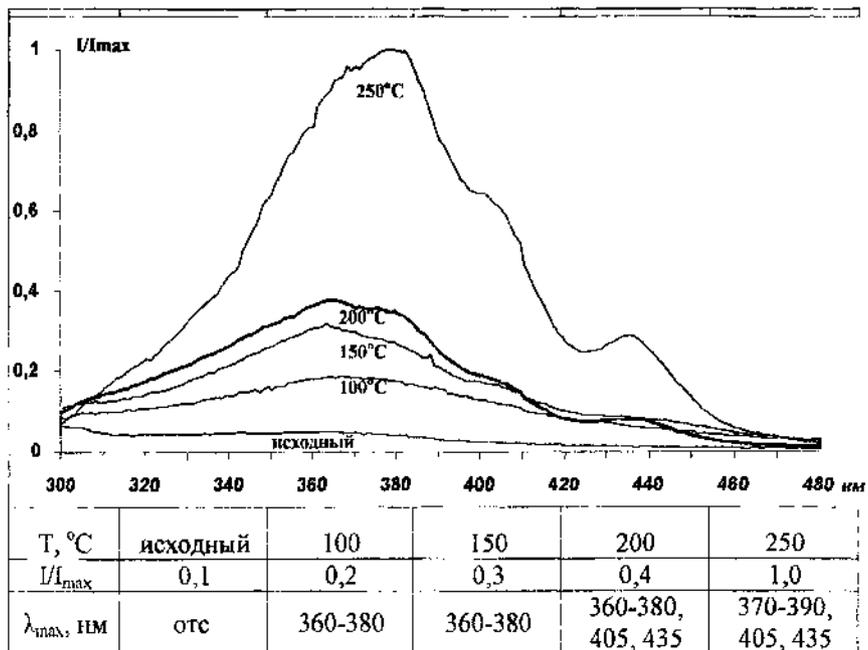
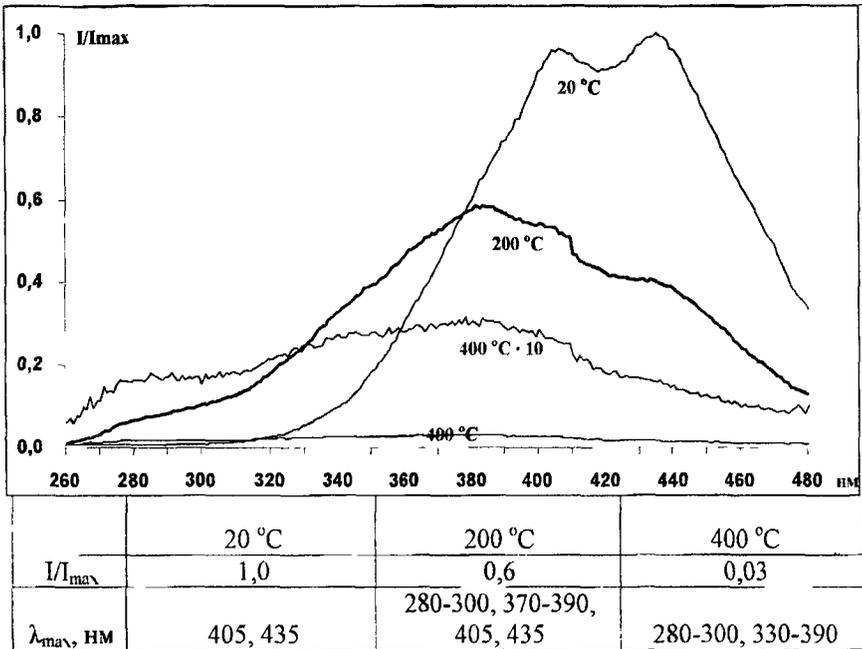


Рис. 8. Спектры возбуждения флуоресценции экстрактов образцов линолеума, прогретых при разных температурах

Копоть осаждалась на три кафельные плитки, температура которых контролировалась терморпарой. Одна из поверхностей располагалась вблизи от очага ( $t = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), вторая на своде печи над очагом ( $t = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). В ряде экспериментов на пути конвективных потоков располагали охлажденную кафельную плитку с температурой  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

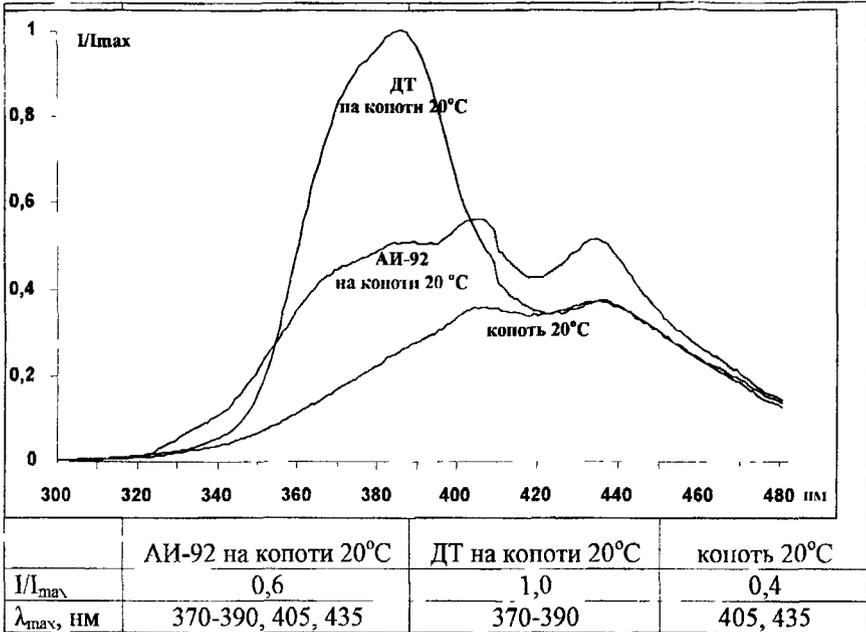
Экстракты копоти, осаждавшейся на холодную поверхность ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) имеют два четко выраженных максимума возбуждения флуоресценции при длинах волн 405 и 435 нм. При осаждении копоти на более прогретые поверхности в ее экстракта появляются максимумы флуоресценции в диапазоне 370-390 нм, а затем и при 280-300 нм. Общая интенсивность флуоресценции при этом снижается и составляет у образца с температурой  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  - 0,6 от интенсивности флуоресценции экстракта «холодной» копоти а у образца с температурой  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$  - всего 0,03 от интенсивности флуоресценции «холодной» копоти (рис 9).

В настоящей работе установлена, кроме того, реальная возможность выявления и диагностики следов горючих жидкостей, оседающих совместно с сажевыми частицами на холодных поверхностях. Интенсивность флуоресценции экстрактов копоти при этом заметно растет, а в спектрах появляются характерные черты, свойственные флуоресценции горючих жидкостей (рис. 10).



**Рис. 9.** Спектры возбуждения флуоресценции экстрактов кофети, собранных в экспериментальной установке при разных температурах

Можно рекомендовать использование разработанной методики, например для таких объектов, как оконные стекла. Во-первых, окна представляют собой, как правило, самые холодные поверхности в помещениях. Во-вторых, давно известна закономерность по которой при разрушении окон от теплового воздействия пожара, осколки стекла падают внутрь помещения и, находясь на полу под слоем пожарного мусора не испытывают высокой вторичной тепловой нагрузки. Если на найденных осколках обнаруживается закопчение, то они представляют собой весьма перспективные объекты для поиска следов горючих жидкостей. А на объектах, где хранение или применение таких жидкостей не предусмотрено – это может служить надежным квалификационным признаком поджога.



**Рис. 10. Спектры возбуждения флуоресценции экстрактов копоти, собранной с холодной поверхности в присутствии паров горючих жидкостей**

### Заключение

В работе предложена комплексная методика экспертного исследования экстрактивных органических компонентов строительных материалов и следов горючих жидкостей, обнаруживаемых в строительных объектах. Методика использует изучение спектральных свойств органических соединений объектов, изымаемых на местах пожаров во внутренних помещениях зданий.

Получены фоновые аналитические параметры состава экстрагируемых компонентов строительных материалов. Создана база данных по составу и спектральным характеристикам экстрагируемых органических соединений конструктивных и отделочных материалов, составляющих пожарную нагрузку зданий в их исходном виде и после термического воздействия.

Установлено, что температурный диапазон получения информации о поведении на пожаре органических материалов на основании спектрального изучения их экстрактивных компонентов начинается при температурах от 100 °С и распространяется до температур 300-350 °С. Выявленные при этом изменения носят как качественный, так и количественный харак-

тер. Данные результаты позволяют ввести в практику расследования пожаров новую группу очаговых признаков пожара.

Аналогичные положительные результаты получены при исследовании экстрактов копоти с целью установления на местах пожаров и в смежных помещениях на путях распространения конвективных потоков зон с различной степенью прогрева в относительно низкотемпературном интервале (от 20 до 400 °С).

Внедрение методов выявления очаговых признаков, основанные на изучении спектральных характеристик экстрагируемых органических компонентов строительных и отделочных материалов, а также осаждающейся на них копоти повышает достоверность установления очага пожара

В работе проведено изучение и сопоставление параметров эффективной пористости строительных материалов (по керосинонасыщаемости) и относительной сохранности в них горючих жидкостей (по флуоресценции Уайт-спирита), на основании которого показано, что исходя из позиций сохранности ЛВЖ в объектах, составляющих пожарную нагрузку зданий и сооружений наиболее качественные результаты можно получить при диагностике инициаторов горения в таких материалах, как древесноволокнистые плиты, ватин, поролон, обивочная ткань, ворсистые напольные покрытия

В плотные древесные материалы, таких как ДСП, паркет, ламинат, сосновая доска горючие жидкости впитываются хуже и неравномерно. Практически бесполезно отбирать для исследования ЛВЖ пробы гладких синтетических напольных покрытий, подобных линолеуму. Несмотря на высокую пористость такого материала, как минеральная вата, пробы этого материала для поиска в них горючих жидкостей проводить не рекомендуется. Изменение качественного состава горючих жидкостей на этом материале предопределяет возможность ошибки при установлении типа инициатора горения

Спектральные аналитические параметры занесенных извне инициаторов горения, находящихся после пожара в исходном или частично выгоревшем виде на поверхности или в объеме строительных и отделочных материалов, позволяют быстро и достоверно диагностировать горючие жидкости на фоне мешающего влияния экстрактивных компонентов самих материалов, составляющих пожарную нагрузку зданий и сооружений

В работе установлена также реальная возможность выявления и диагностики следов горючих жидкостей, оседающих совместно с сажевыми частицами на холодных поверхностях, например на оконных стеклах

Комплексная методика экспертного изучения экстрактивных органических компонентов строительных материалов и горючих жидкостей, обнаруживаемых в виде следов на элементах пожарной нагрузки зданий и сооружений использована при расследовании реальных пожаров и показала свою полную работоспособность

**Список опубликованных работ по теме диссертации.**

1. Галишев М.А., Кононов С.И., Шарапов С.В., Кондратьев С.А. Экспертное изучение экстрактивных компонентов строительных материалов при исследовании пожаров в зданиях и сооружениях // Пожаровзрывобезопасность, 2005 № 2 0,5/0,2 п л

2. Галишев М.А., Шарапов С.В., Кононов С.И., Клаптюк И.В., Кондратьев С.А. Диагностика инициаторов горения, использующихся для поджогов, на основании исследования летучих компонентов горючих жидкостей // Пожаровзрывобезопасность, 2005. № 3 0,5/0,2 п л.

3. Галишев М.А., Шарапов С.В., Кононов С.И., Тарасов С.В., Кондратьев С.А., Воронова В.Б. Многоцелевая комплексная система прогнозирования и мониторинга чрезвычайных ситуаций, связанных с попаданием в окружающую среду нефтепродуктов // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. III международная научно-практическая конференция. - Минск, 2005. 0,3/0,1 п л

4. Галишев М.А., Кононов С.И., Шарапов С.В. Спектральные методы изучения экстрактивных компонентов строительных и отделочных материалов в пожарно-технической экспертизе // Пожарная безопасность XXI века Международная пожарно - техническая выставка - М, 2005 0,3 /0,1 п.л

5. Кононов С.И., Шарапов С.В., Галишев М.А. Установление признаков поджога на основе диагностики горючих жидкостей, находящихся на строительных материалах в зонах очага пожара // Перспективы развития пожарно-технической экспертизы и расследования пожаров Межрегиональная научно-практическая конференция. - СПб, 2005 0,2/0,1 п л

---

Подписано в печать 20 10 2005

Печать офсетная

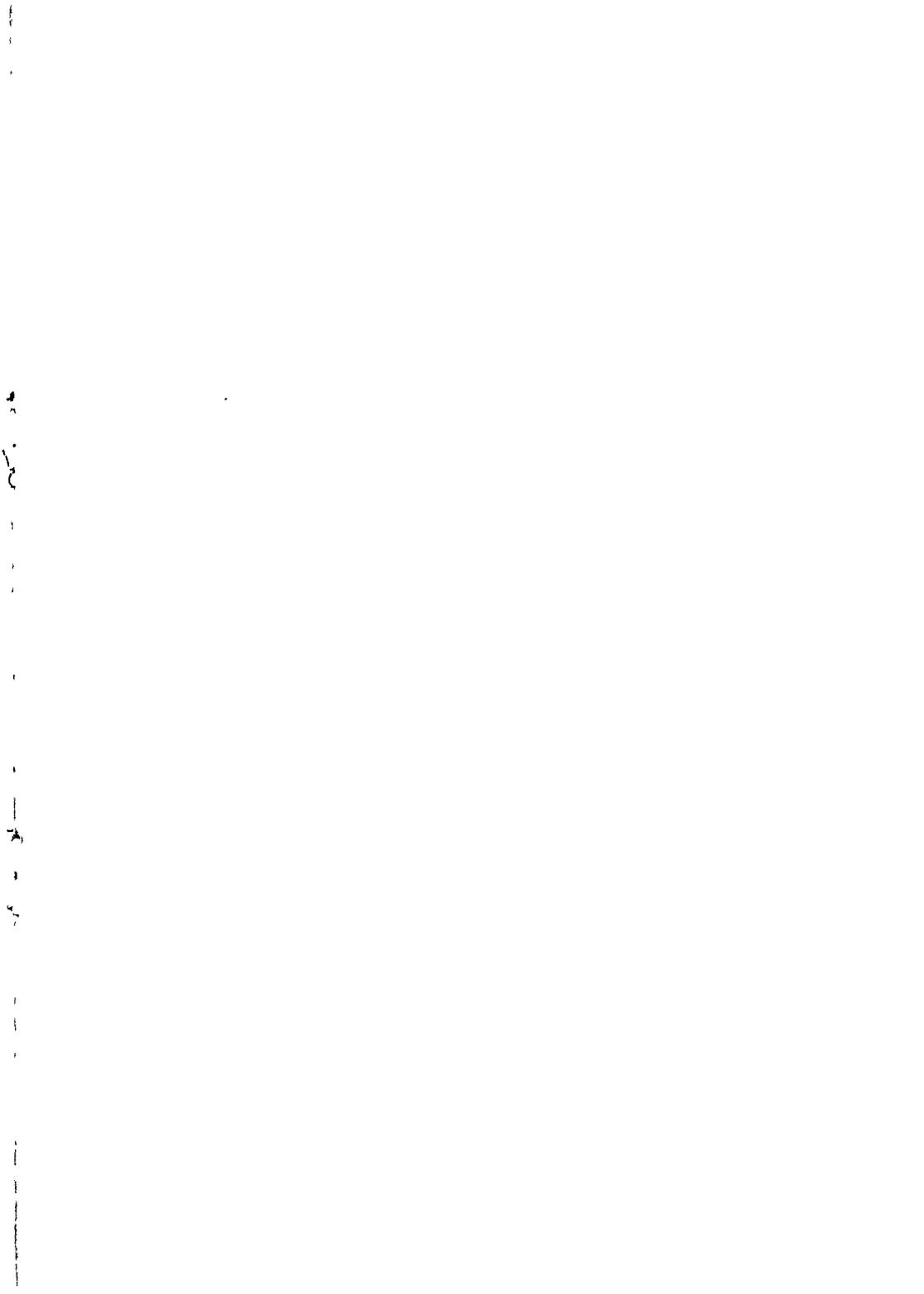
Объем 1,0 п л

Формат 60×84 1/16

Тираж 100 экз

---

Отпечатано в Санкт-Петербургском институте ГПС МЧС России  
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д 149



**№ 19849**

РНБ Русский фонд

2006-4

17533