

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАТИВНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

*В статье проведен анализ спектров флуоресценции 10 нативных органических растворителей, способных выступать в качестве вещественных доказательств по уголовным делам о пожарах. Установлено, что спектры нативных растворителей, за исключением уайт-спирита и ацетона «Байкал Маркет», керосина и скипидара «Ангара – Реактив», имеют полосу флуоресценции в области 270-300 нм, характерной для моноароматических углеводородов.*

### RESEARCH OF NATIVE ORGANIC SOLVENTS BY THE METHOD OF FLUORESCENT SPECTROSCOPY

*The article analyzes the fluorescence spectra of 10 native organic solvents which act as evidence in criminal fires. The spectrum of native solvents except mineral spirits, acetone, kerosene, turpentine, are in the fluorescence band of 270-300 nm, typical for monoaromatic hydrocarbons.*

В качестве средств поджога, так называемых интенсификаторов горения, поджигателями чаще других используются легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ЛВЖ и ГЖ) [1]. Обычно это светлые нефтепродукты (моторные топлива, осветительный керосин и др.), либо общедоступные органические растворители лакокрасочных материалов.

На месте происшествия они могут встречаться в виде следов на различных элементах вещной обстановки (пятна, наслоения) и в определенных объемах (банках, бутылках, канистрах и др.). Доказательственное значение указанных объектов определяется возможностью установления существенных фактических обстоятельств по делу по результатам их криминалистического исследования. Исследование следов интенсификаторов горения по делам о поджогах позволяет установить факт использования конкретного вида ЛВЖ и впоследствии установить использование жидкости из конкретной емкости [2].

Для установления химического состава ЛВЖ и ГЖ рекомендуется три базовых аналитических метода [3]:

- инфракрасная (ИК) спектроскопия;
- флуоресцентная спектроскопия;
- газовая хроматография.

В качестве дополнительного метода исследования рассматривается тонкослойная хроматография.

Анализ инфракрасных спектров позволяет выявить функциональный состав веществ в исследуемой пробе. Определенным структурным группам и связям в молекулах соответствуют характеристические полосы поглощения

ИК-спектра. При этом в состав различных органических соединений зачастую входят одинаковые структурные группы и связи. Съемка ИК-спектров проводится в растворах, поэтому характеристические полосы поглощения молекул растворителя могут перекрывать полосы поглощения анализируемого вещества. Для исключения данного ограничения используют токсичные галогенсодержащие углеводороды (четырёххлористый углерод, фреоны), имеющие минимальное количество полос поглощения в ИК области.

На сегодняшний день ИК-спектроскопия ЛВЖ и ГЖ не нашла широкого применения в экспертной практике. Этим методом, как правило, устанавливают лишь количество нефтепродуктов в исследуемых образцах [4].

Наиболее информативным методом анализа ЛВЖ и ГЖ является газовая хроматография с использованием капиллярных колонок. Она позволяет определять компонентный состав сложных смесей углеводородов, таких как бензины, дизельное топливо, растворители и иные органические жидкости, применяемые в качестве средств поджога.

Флуоресцентная спектроскопия является одним из наиболее чувствительных и эффективных методов обнаружения интенсификаторов горения [1]. Метод основан на способности ароматических углеводородов люминесцировать под воздействием света в видимой и ультрафиолетовой области спектра. С 80-х гг. прошлого века метод флуоресцентной спектроскопии применяется в пожарно-технической экспертизе при проведении лабораторных исследований светлых нефтепродуктов (бензины, дизельное топливо, керосины) [5].

В работе проведено исследование нативных растворителей методом флуоресцентного анализа. В качестве объектов исследования выбраны наиболее распространенные смесевые растворители (646, 647, РКБ-1, 1032 Tikkurila), растворители нефтяного происхождения (уайт-спирит, уайт-спирит 1050 «Tikkurila», керосин и сольвент нефтяной), ацетон и скипидар.

Спектры флуоресценции жидкостей получали на спектрофлуориметре «Флюорат-02-Панорама» при длине волны возбуждения флуоресценции 255 нм в соответствии с методикой [6].

В результате исследования смесевых растворителей установлено, что для их спектров флуоресценции характерен один пик в области 270-300 нм (рис. 1-4).

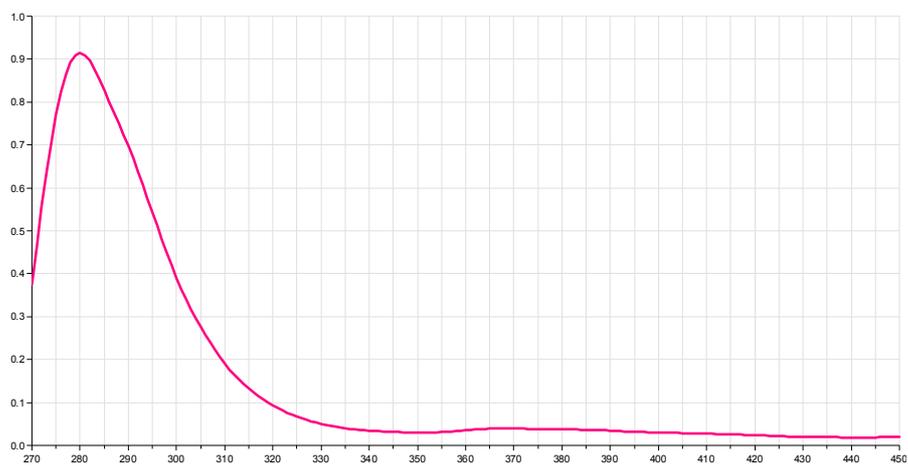


Рис. 1. Спектр растворителя 646 «Ангара – Реактив»

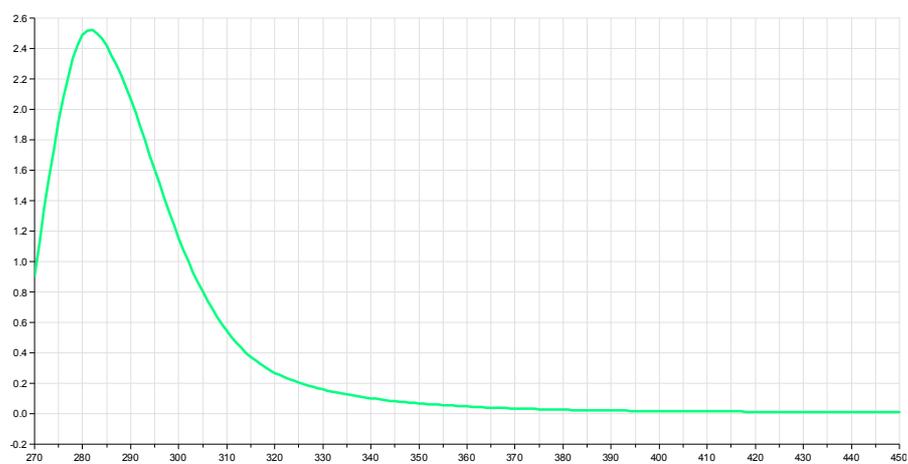


Рис. 2. Спектр растворителя 647 «Байкал Маркет»

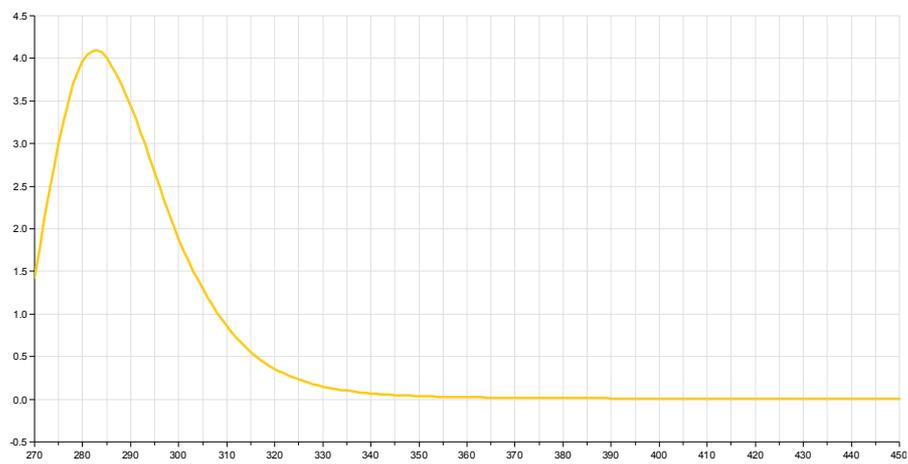


Рис. 3. Спектр разбавителя РКБ-1 «Ангара – Реактив»

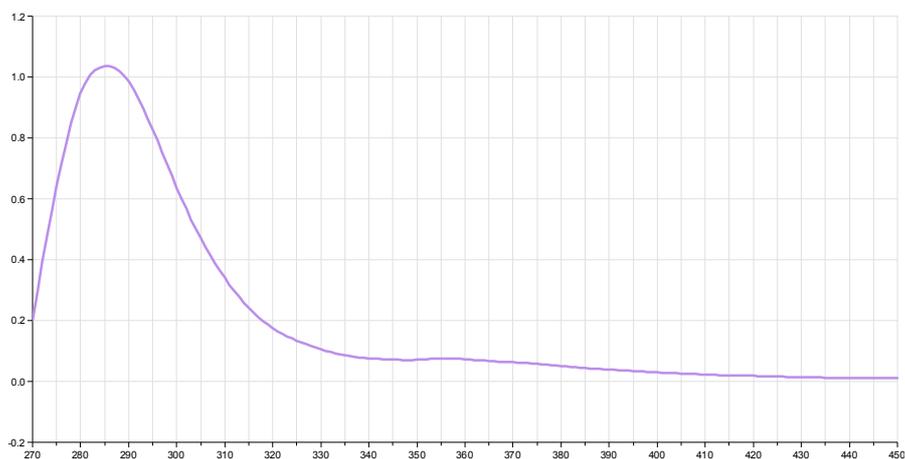


Рис. 4. Спектр растворителя 1032 «Tikkurila»

При анализе спектров флуоресценции ЛВЖ и ГЖ принято выделять области, характерные для моноароматических (270-300 нм), бициклических ароматических (300-330 нм), трициклических ароматических типа антрацена и его гомологов (330-370 нм) и полициклических ароматических (более 370 нм) углеводородов [6]. Следовательно, наличие пика в области люминесценции моноароматических углеводородов, связано с присутствием в составе растворителей 646 и 647 толуола, РКБ-1 – ксилола (табл. 1).

Таблица 1. Состав смесевых растворителей [6]

Наименование, ГОСТ, ТУ	Состав растворителя	
	компоненты	содержание, % (масс)
Растворитель 646, ГОСТ 18188-72	Бутилацетат	10
	Этилцеллозольв	8
	Ацетон	7
	Бутиловый спирт	15
	Этиловый спирт	10
	Толуол	50
Растворитель 647, ГОСТ 18188-72	Бутилацетат	29,8
	Этилацетат	21,2
	Бутиловый спирт	7,7
	Толуол	41,3
Разбавитель РКБ-1, ТУ 6-10-1326-77	Ксилол	50
	Бутиловый спирт	50

При исследовании растворителей нефтяного происхождения установлено, что для спектров флуоресценции уайт-спирита 1050 «Tikkurila» и нефтяного сольвента, как и для смесевых растворителей, характерен один максимум в области МАУ 270 – 300 нм.

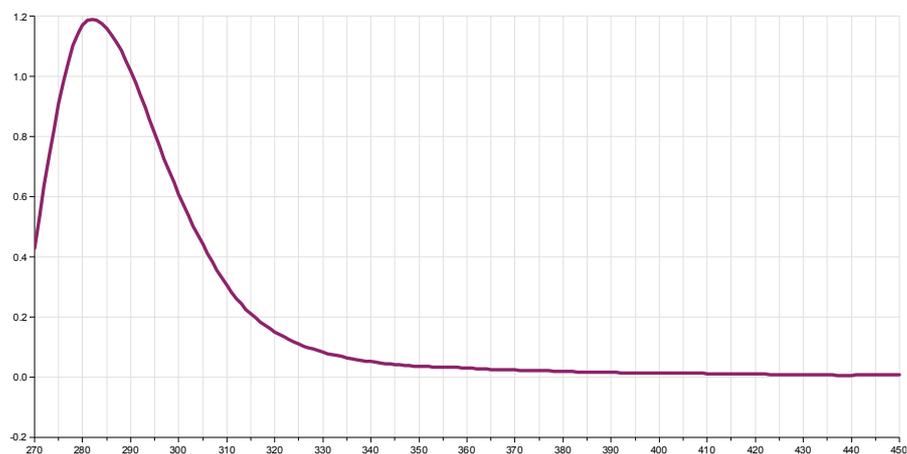


Рис. 5. Спектр растворителя уайт-спирита 1050 «Tikkurila»

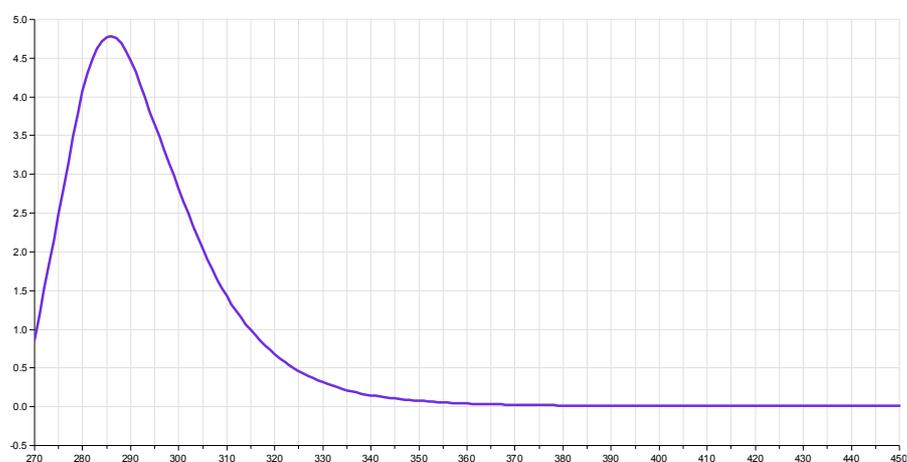


Рис. 6. Спектр сольвента нефтяного

В отличие от них на спектрах уайт-спирита «Байкал Маркет» и керосина «Ангара – Реактив» (рис. 7, 8) наблюдаются два максимума в областях 270 – 300 и 300 – 330 нм. Полосы флуоресценции в этих областях свидетельствуют о наличии в растворителях МАУ и БАУ.

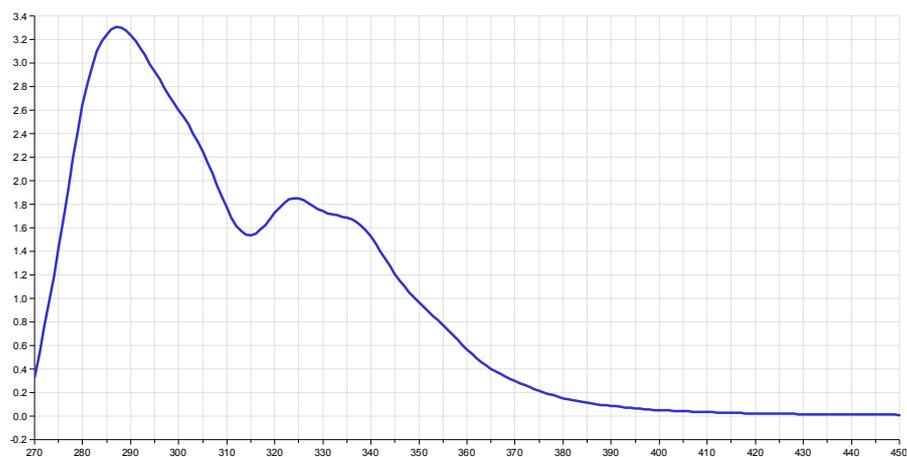


Рис. 7. Спектр керосина «Ангара – Реактив»

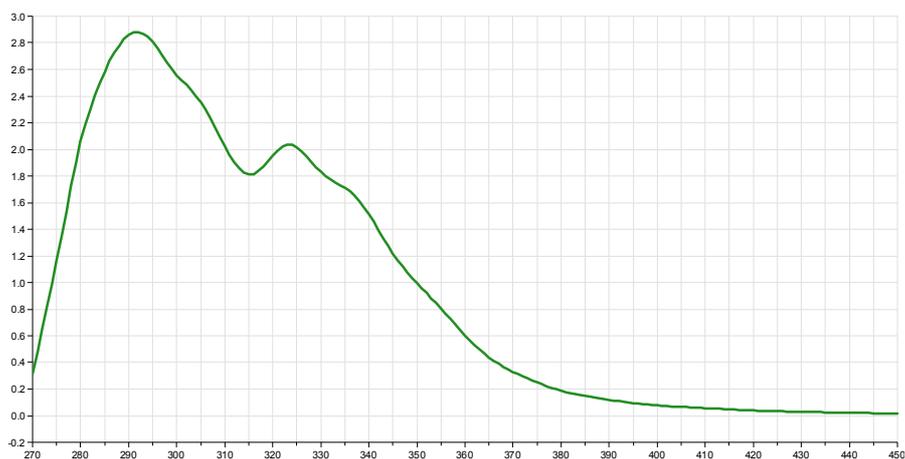


Рис. 8. Спектр уйт-спирита «Байкал Маркет»

Отличия в спектрах флуоресценции уйт-спирита «Байкал-Маркет» (рис. 8) и 1050 «Tikkurila» (рис. 5) обусловлены их химическим составом. Уйт-спирит, выпускаемый отечественной промышленностью, содержит до 16 % ароматических углеводов. За рубежом производят уйт-спириты, очищенные от ароматических углеводов. Хотя растворяющая способность таких растворителей меньше, их использование в лакокрасочных материалах способствует улучшению санитарно-гигиенических свойств покрытий [7].

Скипидар относится к одному из наиболее старых классов растворителей растительного происхождения. Его получают путем промышленной переработки древесины хвойных пород. Компонентный состав скипидара включает смесь терпеновых углеводов, главным образом бициклических  $\alpha$ ,  $\beta$ -пиненов и  $\Delta$ -3-карена, поэтому его спектр по сравнению с другими растворителями специфичен (рис. 9). Спектр флуоресценции скипидара представляет собой широкий пик в области 270 – 370 нм с максимумом в области 300-330 нм.

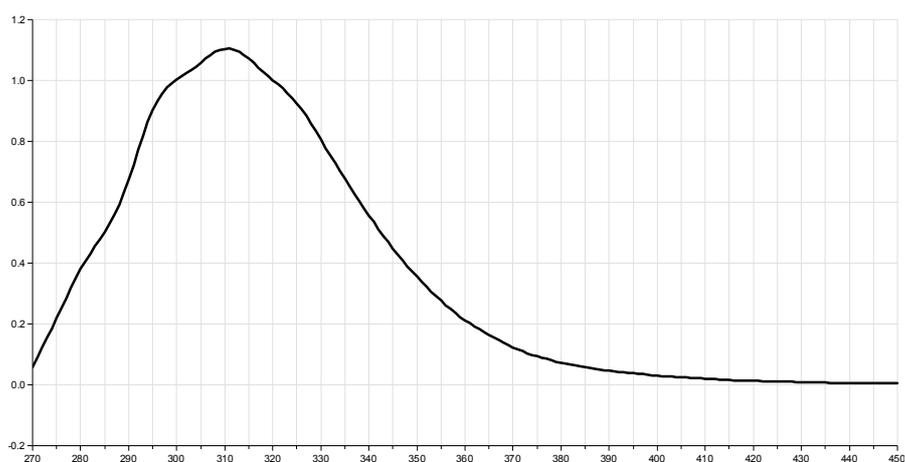


Рис. 9. Спектр скипидара очищенного «Ангара – Реактив»

Область флуоресценции ацетона не так обширна, как у других вышеперечисленных растворителей, максимум наблюдается при 240-260 нм (рис. 10). Полоса флуоресценции ацетона, возможно, связана с наличием в нем примесей.

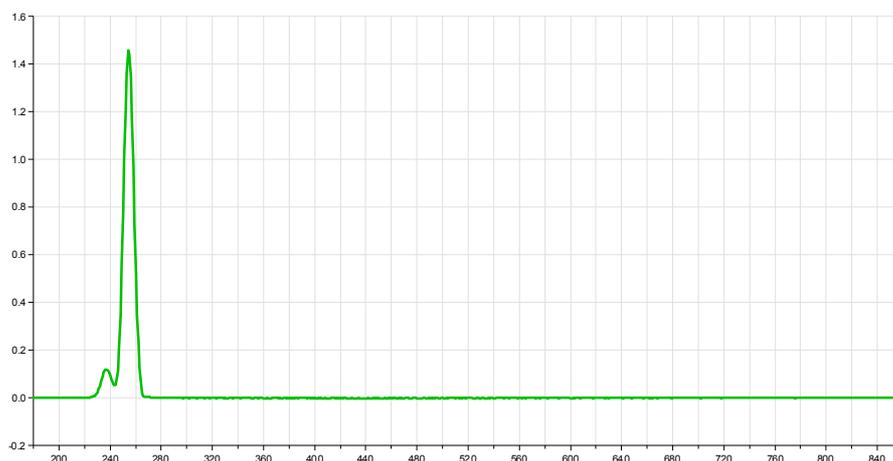


Рис. 10. Спектр ацетона «Байкал Маркет»

Таким образом, в результате исследования получены спектры флуоресценции наиболее распространенных растворителей 646, 647, 1032, РКБ-1, ацетона, уайт-спирита, уайт-спирита 1050, скипидара, керосина и сольвента нефтяного, которые могут использоваться для обнаружения и идентификации инициаторов горения при производстве пожарно-технической экспертизы.

Установлено, что большинство нативных растворителей имеют максимумы в области 270-300 нм, характерной для МАУ, при этом у растворителей нефтяного происхождения уайт-спирита «Байкал Маркет» и керосина «Ангара – Реактив» наблюдается дополнительный максимум флуоресценции в области 300-330 нм, характерный для БАУ.

С учетом того, что в спектрах бензинов также присутствуют полосы 270-300 и 300-330 нм [8], характерные для МАУ и БАУ, методом флуоресцентной спектроскопии можно идентифицировать смесевые растворители и некоторые виды растворителей нефтяного происхождения по наличию одного пика в области МАУ. Для установления марки растворителя необходимо проведение дополнительного анализа, например, газовой хроматографии.

#### ПРИМЕЧАНИЯ

1. Клаптюк, И.В. Обнаружение следов светлых нефтепродуктов на месте пожара при поджогах / И.В. Клаптюк, И.Д. Чешко // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. – 2012. - № 3. – С38-43.

2. Митричев В.С. Основы криминалистического исследования материалов, веществ и изделий из них / В.С. Митричев, В.Н. Хрусталева. СПб.: Питер, 2003. – 591 с.

3. Чешко, И.Д. Техническое обеспечение расследования поджогов, совершенных с применением инициаторов горения: учебно-методическое пособие / И.Д. Чешко, М.А. Галишев, С.В. Шарапов и др. М.: ВНИИПО, 2002. – 120 с.

4. Егорилов, П.Н. Методическая система криминалистического исследования нефтепродуктов в судебной экспертизе / П.Н. Егорилов, А.А. Решетов, М.А. Галишев // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. – 2012. – № 4. – С. 140-146.

5. Кутуев, Р.Х. Обнаружение и исследование следов легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в вещественных доказательствах, изымаемых с места пожара / Р.Х. Кутуев, И.Д. Чешко, В.Г. Голяев. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1985. – 49 с.

6. Применение инструментальных методов и технических средств в экспертизе пожаров: Сборник методических рекомендаций / Под ред. Чешко и А.Н. Соколовой. СПб.: СПб филиал ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2008 – 279 с.

7. Дринберг, С.А. Растворители для лакокрасочных растворов: справочное пособие / С.А. Дринберг, Э.Ф. Ицко. – Л.: Химия, 1986. – 208 с.

8. Принцева, М.Ю. Применение метода флуоресцентной спектроскопии для обнаружения и установления состава легковоспламеняющихся и горючих жидкостей используемых при поджогах / М.Ю. Принцева, И.В. Клаптюк, И.Д. Чешко // Пожарная безопасность. – 2010. - № 2. – С. 94-99.