

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРОДУКТАХ СГОРАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Лукачев С.В., Матвеев С.Г., Семёнов А.В., Чечет И.В., Логашкин А.П., Анисимов М.Ю.

Самарский государственный аэрокосмический университет

### MODERN METHODS POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS OF THE COMBUSTION PRODUCTS IN THE HEAT ENGINE

*Lukachev S.V., Matveev S.G., Semenov A.V., Chechet I.V., Logashkin A.P., Anisimov M.Yu. Samara state aerospace university. Discuss modern methods instrumental study Polycyclic Aromatic Hydrocarbons emissions of the combustion products in the heat engine, carry out classification and selected most acceptable.*

Продукты сгорания углеводородных топлив тепловых двигателей содержат различные компоненты, загрязняющие окружающую среду: оксид углерода, несгоревшие углеводороды, оксиды азота и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – класс химических соединений техногенного происхождения. Их воздействие на организм даже в малых дозах вызывает онкологические заболевания. В связи с этим актуально отслеживание наличия ПАУ в продуктах сгорания тепловых двигателей.

Существуют два основных метода отбора проб в продуктах сгорания для анализа на содержание ПАУ. Бесконтактный метод с использованием лазерно-оптических средств. Его достоинство - возможность проводить измерения и получать результат непосредственно во время проведения эксперимента, не вынося при этом изменений в процесс горения. Недостатком этого метода является необходимость очень сложной и дорогостоящей аппаратуры и возможность использования только в условиях постановочного лабораторного эксперимента. Контактный метод осуществляется путем откачки пробы из зоны пробоотбора через вводимый в нее зонд и дальнейшем осаждении ПАУ в специальных ловушках или фильтрах. Благодаря простоте и возможности отбора проб в любых условиях и на любых объектах, этот метод получил наибольшее распространение.

Для качественного и количественного определения ПАУ в продуктах сложного со-

става, в настоящее время существует несколько методов анализа.

Колоночная хроматография для предварительного разделения ПАУ на относительно узкие фракции, содержащие по несколько соединений. Для дополнительного их разделения применяют тонкослойную хроматографию на стеклянных пластинках с окисью алюминия. При относительной простоте и низкой стоимости, данный метод анализа обладает низкой чувствительностью и селективностью, и применяется в основном для предварительной качественной оценки наличия ПАУ в пробе.

Для контроля ПАУ в окружающей среде большое распространение получили методы газовой хроматографии (ГХ) и высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Разделение основных ПАУ, достаточное для количественного анализа, достигается применением капиллярных колонок в газовой хроматографии. Либо высокоэффективных колонок в ВЭЖХ. При этом колонка, хорошо разделяющая калибровочные смеси ПАУ, не гарантирует хорошего разделения на фоне сопутствующих соединений в исследуемых пробах. Возникает необходимость предварительной очистки пробы, поэтому большинство аналитических процедур содержат этап предварительного выделения (сепарации) ПАУ среди иных групп сопутствующих соединений в пробах.

При использовании газовой хроматографии, в качестве детектора чаще всего

применяют масс-спектрометр (МС). Масс-спектрометр, сопряженный с газовым хроматографом, дает качественную информацию (масс-спектр) для исследуемой субстанции. Однако в большом количестве случаев ценность этой информации ограничена совпадением масс молекул некоторых соединений, различающихся строением и токсичностью. ПАУ являются термически неустойчивыми соединениями и результат их разделения в системах газовой хроматографии при 300-350°C, не всегда адекватен исходному состоянию

При применении ВЭЖХ чаще всего используются флуориметрические детекторы. Предел обнаружения ПАУ при флуориметрическом детектировании очень низкий, что обеспечивает высокую чувствительность метода. Однако флуориметрические детекторы практически не дают информации о строении исследуемого соединения. Идентификация ПАУ, основанная только на времени выхода может быть ошибочной.

Одним из основных методов анализа качественного и количественного состава ПАУ является флуоресцентно-спектральный с использованием квазилинейчатых спектров флуоресценции. Классическая установка для флуоресцентно-спектрального анализа, это дифракционный спектрометр с фотоэлектрической записью спектров флуоресценции ПАУ и источником возбуждающего излучения, настраиваемом с помощью светофильтров на длину волны возбуждения, определяемого компонента ПАУ. Исследуемая проба заморожена до температуры кипения жидкого азота, что сужает спектры флуоресценции ПАУ, приближая их к линейчатым и увеличивает селективность метода. При высокой чувствительности и селективности данного метода его недостатками являются высокая трудоемкость и сложность анализа, необходимость использования жидкого азота, трудность перехода от исследования одного компонента ПАУ к другому.

Однако на современном этапе появились спектрометры, позволяющие проводить автоматическое сканирование исследуемых образцов не только по спектрам флуоресценции, но и по спектрам возбуждения с автома-

тической записью полученного спектра, а также проводить синхронное сканирование одновременно по обоим каналам, что позволяет сузить спектр исследуемого образца, идентифицировать и выделить его на фоне других компонентов ПАУ. Это особенно актуально для анализа продуктов сгорания тепловых двигателей, содержащих множество углеводородных составляющих. Первые эксперименты на спектрометре Флюорат-02-Панорама с растворами бенз(а)пирена в нормальном октане, находящимися в жидкой фазе позволили получить спектрограммы флуоресценции бенз(а)пирена, а также спектрограммы возбуждения и спектр синхронного сканирования при выдержке стоксового сдвига, совпадающие по высотам, пригодные для однозначной идентификации и количественного анализа. Наличие дополнительного опорного канала, регистрирующего величину сигнала возбуждения, делает работу прибора стабильной. При этом исследуемая проба может быть заморожена до температуры кипения жидкого азота.

Изложенные выше факторы делают флуоресцентно-спектральный метод с использованием квазилинейчатых спектров флуоресценции наиболее приемлемым в научных исследованиях связанных с анализом ПАУ в продуктах сгорания тепловых двигателей.

### **Библиографический список**

1. Шабад, Л.М. О циркуляции канцерогенов в окружающей среде [текст]/ Л.М. Шабад. - М.: Медицина, 1973. - 367 с.
2. Алексеева, Т.А. Спектрофлуориметрические методы анализа ароматических углеводородов в природных и техногенных средах [текст]/ Т.А. Алексеева, Т.А. Теплицкая. - Л.: Гидрометеиздат, 1981. - 215 с.
3. Лукачев, С.В. Образование и выгорание бенз(а)пирена при сжигании углеводородных топлив [текст] / С.В. Лукачев, А.А. Горбатко, С.Г. Матвеев. - М.: Машиностроение, 1999. - 153 с.