

Анализ методов выявления молекул-биомаркеров

при исследованиях выдыхаемого воздуха

А.А. Запорожец^{1,2}, А.Д. Свердлова¹¹Национальный авиационный университет (Киев, Украина)²Институт технической теплофизики НАН Украины (Киев, Украина)

Обнаружение следов газообразных молекул в выдыхаемом воздухе человека на сегодняшний день является одной из сложнейших задач газового анализа, что связано с предельно низкими концентрациями исследуемых соединений (1 ppb – 100 ppm). Для разработки портативных технологических решений необходимо обеспечить возможность проведения анализа в режиме реального времени без предварительного концентрирования или обогащения проб выдыхаемого воздуха. В то же время прибор должен обладать высокой селективностью измерения относительно доминирующих в анализируемой пробе газовых компонент [1].

Для разработки портативных газоанализаторов выдыхаемого воздуха необходимо качественное сравнение существующих методов низкочувствительного газового анализа. Наиболее простым и удобным для анализа и выбора базового метода контроля является обобщенный качественный критерий эффективности (ОККЭ).

ОККЭ указывает на достижение цели, которая поставлена перед средством диагностирования. Этот критерий может принимать только фиксированные битовые значения: «1» - в случае достижения цели, «0» - в противоположном случае. В таком случае качественный критерий эффективности будет представлять собой сумму частичных качественных критериев эффективности, что характеризует частичные цели, поставлены перед технологической разработкой:

$$k = \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{n},$$

где a_i – весовой коэффициент, n – общее количество качественных критериев эффективности. Общая эффективность будет определяться из соотношения эффективности средства измерения на базе реального метода контроля и средства измерения на базе эталонного метода контроля:

$$E_i = \frac{k_i}{k_{et}},$$

где k_i – обобщенный качественный критерий i -го методу, k_{et} – эталонный метод контроля (ЭТ).

К методам пригодным для анализа состава выдыхаемого воздуха относят газовую хроматографию (ГХ), масс-спектроскопию, совмещенную с газохроматографическим разделением (МС-ГХ), электрохимические методы (ЭМ), УФ-хемолуминесценцию (УФХЛ), фурье-спектроскопию (ФС), оптоакустическую спектроскопию (ОАС) и лазерную спектроскопию (ЛС).

В качестве критериев эффективности при разработке портативного диагностирующего оборудования для обнаружения ряда молекул-биомаркеров (СО, NO, NO₂, CH₄ и пр.) могут быть использованы: селективность, концентрационная чувствительность (~ 1-10 ppm), точность (~1-3%), быстродействие (~1 с), и объем газовой пробы (~ 10-20 мл). Одновременное удовлетворение методом предложенных аналитических характеристик позволяет рекомендовать его для создания портативного газоанализатора состава выдыхаемого воздуха.

На рисунке приведена сравнительная характеристика существующих методов исследования состава выдыхаемого воздуха.

Метод	Селективность	Концентрационная чувствительность	Точность	Быстродействие	Объем газовой пробы	ОККЭ
ГХ	0	1	1	0	0	0,4
МС-ГХ	1	1	1	0	1	0,8
ЭМ	1	1	1	1	1	1
УФХЛ	1	1	1	1	0	0,8
ФС	0	1	1	0	0	0,4
ОАС	0	1	1	1	1	0,8
ЛС	0	1	1	0	1	0,6
ЭТ	1	1	1	1	1	1

Рис. 1. Сравнение методов контроля состава выдыхаемого воздуха на основе ОККЭ

Таким образом, на основе проведенного анализа установлено, что наиболее приемлемыми для разработки портативных газоанализаторов являются электрохимические методы (ОККЭ=1). На сегодняшний день они используются для детектирования O₂, CO₂, CO, NO, NO₂, SO₂, H₂S, HCl, Cl₂, CH₂, что может помочь в определении широкого класса патологий (астма, анемии, рак органов пищеварения, гастрит, гепатит и пр.), в том числе на ранних стадиях их развития.

Литература

1. Лазерный спектральный анализ молекул-биомаркеров для биомедицинской диагностики / отв. Ред. Е.В. Степанов. – М.: Наука, 2005. – 279 с.