

## КОНТРОЛЬ СУПЕРМАЛЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ИЗОТОПНЫХ ОТНОШЕНИЙ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ВЕЩЕСТВ

Дроздов А.В., Галль Л.Н., Кузьмин А.Г.

Институт аналитического приборостроения РАН, Санкт-Петербург, 190103, РФ,  
E-mail: agqz55@rambler.ru

Изотопная масс-спектрометрия уже давно широко используется для измерения небольших сдвигов изотопного состава элементов, являющихся следствием атмосферных, геологических и биологических процессов при синтезе растениями исходных органических веществ. Практическое значение этот сдвиг имеет для водорода, углерода, кислорода, азота и серы, стабильные изотопы которых могут служить метками для водного, углеродного и пищевого циклов, в частности, при контроле качества продуктов питания и алкоголя. Эти же элементы являются принципиальными составляющими веществ и материалов, изучаемых при проведении криминалистических экспертиз. Большой интерес вызывают также проблемы установления географического происхождения наркотических веществ, полученных из природных источников сырья.

Изотопный состав легких элементов определяется с помощью газовых масс-спектрометров. Снижение ошибки измерения достигается с помощью измерения разности изотопного состава легких элементов в образце и стандарте образца с установленным изотопным составом. Эту разность выражают через величину  $\delta$ , представляющую собой отклонение измерения (обычно в тысячных долях – ‰) от стандарта:  $\delta = (R_{\text{образец}} / R_{\text{стандарт}} - 1) \times 1000\text{‰}$ , где  $R$  – молярное отношение меньшего изотопа к большему, т.е.  $R = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$  для углерода,  $\text{D}/\text{H}$  для водорода и  ${}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}$  для кислорода. С помощью стандартных образцов изотопного состава и современных масс-спектрометров удается измерять изотопные отношения с точностью 0,1 ‰.

Анализ литературных источников показал, что IRMS (масс-спектрометрия изотопных отношений) из чисто научного превращается в признанный аналитический метод, используемый в криминалистической практике. В ряде стран IRMS рекомендуют в качестве базового для фиксации фальсифицированных продуктов. Использование IRMS для определения  ${}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$  в этаноле, содержащемся в алкогольных напитках, является наиболее продвинутым приложением этого метода в криминалистике из-за высокой надежности и хорошей воспроизводимости метода. Учитывая большой объем фальсифицированной алкогольной продукции, имеющей хождение в РФ, этот метод определения изотопных отношений  $\text{D}/\text{H}$ , и  ${}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}$  в компонентах алкогольной продукции (в этиловом спирте и воде из вина и винопродуктов) был выбран ЭКЦ МВД в качестве основного.

Величина отношения  ${}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$  определяет происхождение алкогольного сырья, связанного с механизмом его формирования в первичных продуктах реализацией  $\text{C}_3$  или  $\text{C}_4$  природных циклов усваивания углерода растениями в природе. Это помогает определить фальсифицированный продукт. Основными трудностями при реализации метода по  $\text{D}/\text{H}$  является изотопный обмен между этанолом и водой. Однако было показано, что величина  $\delta_{\text{D/H}}$ , даже после их смешения, сохраняется достаточно долго. Ошибки в измерении  ${}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}$  связаны с процессом разложения воды на компоненты, предотвращающие изотопный обмен. Выполнение всех процедур пробоподготовки позволяет проводить идентификацию происхождения с необходимой точностью.

Работа выполняется в рамках проекта МНТЦ №3716.