

контролируемых объектах. Такой подход обусловлен возможным изменением состава газовых сред вследствие протекания различных процессов, в том числе возникающих при пробоотборе, транспортировке и пробоподготовке. Создание единичных мониторинговых постов, направленных на получение данных о количественном и качественном составе исследуемых объектов, не позволяет получать полную картину, а использование большого количества аналитических приборов различного типа, выливается в огромную стоимость как самой системы, так и ее обслуживания. Еще одной важной проблемой непрерывного оперативного мониторинга является анализ газовых сред на объектах газовой химической и энергетической промышленности, где присутствие человека может быть небезопасно.

Для решения этой проблемы актуальным является использование достижений технологий микрофлюидных, микроэлектромеханических систем и нанотехнологий с целью развития инструментального обеспечения анализа газов и создания отечественных импортозамещающих портативных газохроматографических комплексов для проведения оперативного и достоверного онлайн-мониторинга воздушных и других газовых сред.

УДК 543.544.5 : 004.9

**ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА Г.И. БАРАМА. ПРОГРАММА ТРЕНАЖЁР
«ЖИДКОСТНЫЙ ХРОМАТОГРАФ»**

Волков А.Н.

*Общество с ограниченной ответственностью Институт хроматографии «ЭкоНова»,
Россия, г. Новосибирск, 630090, ул. Инженерная, д.28,
info@econova.ru*

Григорий Иосифович Барам (28.04.1948 - 06.06.2025г.) - советский и российский химик, доктор химических наук, профессор, специалист в области аналитической хроматографии. В 1985 году в составе группы учёных удостоен Государственной премии СССР в области техники за создание метода микроколоночной жидкостной хроматографии и первого в мире микроколоночного жидкостного хроматографа. Создал методики по формированию и работе с базой данных веществ, позволяющие выполнять анализы без применения стандартных образцов на всех выпущенных и выпускаемых по настоящее время аналитических комплексах на базе высокоэффективного жидкостного хроматографа «Милихром А-02».

Одним из созданных и интересных его проектов, который он применял в своей практике обучения студентов НГУ, а также при обучении сотрудников различных компаний в области хроматографии была программа тренажёр «Жидкостный хроматограф». Созданная программа полностью эмулирует работу хроматографа «Милихром А-02», представляющего собой автоматизированный хроматограф с многоволновым ультрафиолетовым детектором. Эмуляция работы хроматографа осуществляется с учётом его технических параметров и метрологических характеристик, возможных типичных ошибок оператора, погрешностей самого эксперимента и включает в себя все этапы хроматографического анализа. Программа тренажёр позволяет проводить виртуальные хроматографические эксперименты с чистыми веществами и их смесями. Помогает оптимизировать условия хроматографии для достижения минимального времени и наилучших параметров разделения, отображать хроматограммы смеси веществ.

Для работы с программой разработан практикум по ВЭЖХ, где собрана необходимая информация по работе с программой и типовые задачи. На основе этого преподаватели могут разрабатывать свои задания для обучающихся. Комплексное применение реального хроматографа (прибора) и программы тренажера в учебных целях позволяет формировать учебные классы, в которых учащиеся на практике могут освоить основные принципы ВЭЖХ на виртуальном хроматографе, а потом убедиться в своих

знаниях на реальном приборе. После решения задачи на виртуальном хроматографе учащийся готовит реальный образец, анализирует его на реальном хроматографе, обрабатывает хроматограмму, сравнивает полученные результаты и объясняет причины неполного совпадения.

Такой подход к учебному процессу позволяет при минимальных затратах готовить специалистов, которые в итоге овладевают не только теоретическими основами, но и практическими навыками хроматографического анализа.

УДК 543.96.

МЕТОДЫ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ – МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ В ИЗУЧЕНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ АРКТИКИ

Д.С. Косяков, И.С. Шаврина, Т.Б. Латкин

Центр коллективного пользования научным оборудованием «Арктика», Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

Проблема загрязнения атмосферы в высоких широтах привлекает всё большее внимание в связи с глобальным потеплением, активным освоением минеральных ресурсов Арктики и потенциальной способностью атмосферных поллютантов накапливаться в регионах с холодным климатом. Большинство исследований атмосферного воздуха в Арктике были направлены на целевое определение ограниченного круга приоритетных соединений, главным образом относящихся к стойким органическим загрязнителям (СОЗ, особенно к представителям «грязной дюжины»). Однако нецелевой поиск и идентификация новых (эмерджентных) поллютантов на низких уровнях концентраций представляют собой сложную задачу, решение которой требует применения передовых аналитических методов. В этом плане ключевую роль играют методы газовой хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией высокого разрешения (ГХ-МСВР), в том числе с применением техники двумерного газохроматографического разделения (ГХ×ГХ-МСВР), обеспечивающей исключительно высокую пиковую емкость хроматографической системы и уникальные возможности для надежной идентификации минорных соединений за счет снижения интерференций со стороны коэлюирующих компонентов.

В докладе рассмотрены основные методы отбора и подготовки проб воздуха для последующего анализа, показаны преимущества термодесорбционной ГХ-МСВР, обеспечивающей чувствительность анализа на уровне пг/м^3 . Представлены результаты целевого и нецелевого скрининга, а также определения широкого круга летучих и полулетучих поллютантов в атмосферном воздухе и снеге в труднодоступных районах Российской Арктики с применением различных техник концентрирования проб воздуха. Показана высокая эффективность ГХ×ГХ-МСВР для изучения химического состава арктического снега как депонирующей матрицы атмосферных поллютантов. Рассмотрены результаты исследования продуктов сгорания торфа методами ГХ×ГХ-МСВР и пиролитической ГХ-МС, позволившие рассматривать торфяные пожары как важный источник загрязнения атмосферы токсичными азотсодержащими соединениями. Для повышения чувствительности при анализе проб снега предложено использование сорбционного концентрирования с применением техники твердофазной микроэкстракции на поверхности магнитного мешальника (SBSE) с последующей термодесорбцией аналитов.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ (государственное задание FSRU-2024-0003).