

Потапов С.В.^{1,2}, Логинов В.А.²

¹ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

²СКБ «Хроманалитик»

Научный руководитель: канд. биол. наук, доцент Фокина А.И.

Новый подход к селективному определению низких концентраций сероводорода в воздухе

Современная промышленность и неблагоприятная экологическая обстановка требуют постоянного мониторинга за состоянием атмосферного воздуха в промышленной и жилой зонах как для здоровья человека, так и для окружающей среды в целом. Для мониторинга загазованности широко применяются газоанализаторы и хроматографы, которые позволяют заблаговременно обнаружить и локализовать развитие опасных ситуаций на ранних стадиях для принятия защитных мероприятий и предотвращения аварийных ситуаций.

Основой любого газоанализатора является чувствительный датчик, создание которого связано со многими трудностями, например, ПДК сероводорода в жилой зоне очень низкое и составляет всего 5ppb (0,008 мг/м³), что является серьезной проблемой при создании такого высокочувствительного газоанализатора, способного работать в реальных условиях при изменении внешних факторов (влажность, давление, температура), а так же сопутствующих газах. Разработка газоанализатора усложняется еще тем, что датчик любого типа из-за химической активности сероводорода со временем будет деградировать. Но эта деградация может быть обратима [1].

Одной из важных проблем при анализе газов в воздухе является селективность анализа. В настоящее время большинство приборов, применяемых для целей экологического мониторинга предварительно градуируются и поверяются по однокомпонентным газовым смесям. Главное достоинство таких приборов – невысокая стоимость. Это полностью оправдано при выполнении анализов, когда не требуется высокой точности измерений и

гарантированно имеется один источник загрязнения, например, утечки из трубопровода.

В реальных же условиях, когда источниками загрязнений в атмосфере населенных мест или производственных предприятий являются выхлопные газы, технологический выбросы, близлежащие экологические полигоны, бытовые загрязнители и т.д. или в потенциально конфликтных ситуациях при выявлении конкретных загрязнителей, выявляется основной недостаток таких приборов, заключающийся в том, что приборы определяют разнообразные мешающие газовые примеси, выдавая их за анализируемый компонент, и выдают ложный результат. Поскольку условия анализа отличаются от условий градуировки/поверки по однокомпонентным смесям, то показания таких приборов приводят к грубым систематическим ошибкам и ложным выявлениям источников загрязнений.

Предлагаемый нами разрабатываемый газоанализатор лишен всех вышеуказанных недостатков и селективно, с высокой точностью определяет контролируемый компонент в реальных условиях на фоне множества сопутствующих/мешающих газовых/аэрозольных компонентов/примесей. В нашем газоанализаторе предлагается применение планарной хроматографической колонки для разделения анализируемых газов и селективного измерения их концентраций с помощью полупроводникового сенсора российского производства, что позволяет определять микроконцентрации не только сероводорода. Внешний вид планарной хроматографической колонки изображен на рисунке 1.

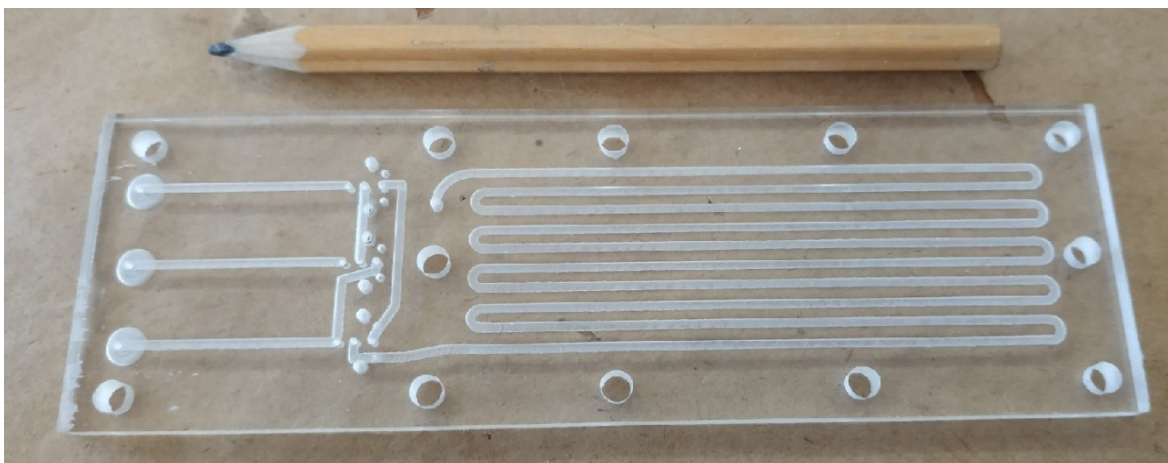


Рисунок 1 – Внешний вид хроматографической колонки до сборки

Новым направлением развития современного приборостроения является применение высокоточной мобильной аналитической аппаратуры с целью проведения конкретных видов анализа «прямо на объекте мониторинга». К достоинствам такой аппаратуры можно отнести малые габариты, вес и представительность анализа.

Кроме того, использование мобильной аналитической аппаратуры позволяет проводить не только анализ «на месте», но и получать результаты в режиме реального времени, при этом значительно уменьшается вероятность искажения состава пробы при ее хранении и транспортировке, экономятся время и средства на консервацию и перевозку образцов.

Применяемые промышленные приборы и газоанализаторы значительно уступают лабораторным по аналитическим характеристикам и не могут быть установлены на ряду анализируемых объектов ввиду их опасности, удаленности и т.д.

Применение мобильных газоанализаторов с хроматографической пробоподготовкой благодаря использованию в них современных технологий и материалов, в том числе микроэлектромеханических систем, открывает новые возможности, например, контроль технологических процессов, состояния окружающей среды, обеспечения безопасности на производствах, в машиностроении, а также решение задач в энергетике, нефти и газоперерабатывающей промышленности.

Чувствительности сенсоров переносных и стационарных газоанализаторов и детекторов хроматографов бывает недостаточно для определения низких концентраций загрязнителей воздуха. Поэтому в данных случаях применяются лабораторные методы анализа, что снижает оперативность и достоверность полученной информации и увеличивает ручной труд. Для решения проблемы нами разработан концентратор, представляющий собой термодесорбер и планарную «микроловушку» под требуемый газ. Концентратор позволяет сконцентрировать газ до необходимой концентрации, которую способен измерить сенсор газоанализатора.

Проба воздуха, содержащая сероводород, поступает в первый концентратор (термодесорбер, рисунок 2) известного объема (исключающего проскок сероводорода), в котором используется специальный сорбент на основе модифицированного углеродного молекулярного сита, для концентрирования всех содержащихся в пробе газов. Далее сконцентрированные газы методом термодесорбции элюируются на второй концентратор «микроловушка» малого объема, заполненный аналогичным сорбентом с большими порами, обеспечивающим концентрирование только сероводорода и более тяжелых компонентов.



Рисунок 2 – Внешний вид термодесорбера

Затем происходит десорбирование из «микроловушки» (рисунок 3) и прямой ввод в хроматографическую колонку газоанализатора, которая обеспечивает разделение сероводорода и более тяжелых компонентов.

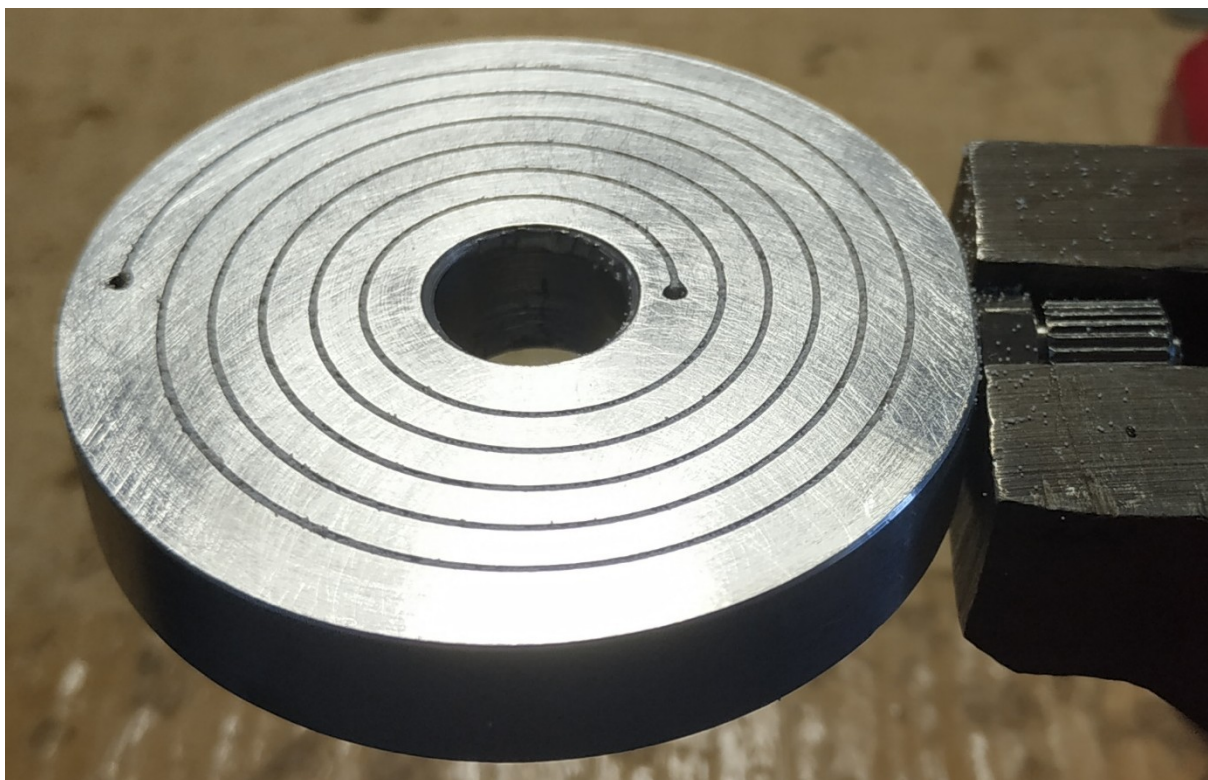


Рисунок 3 – Внешний вид «микроловушки» заполненной сорбентом

На рисунке 4 представлен пример хроматограммы анализа газовой смеси сероводорода с углеводородами, концентратор не используется, обратная продувка хроматографической колонки для уменьшения времени анализа не используется. Концентрация сероводорода составляет 500 ppb.

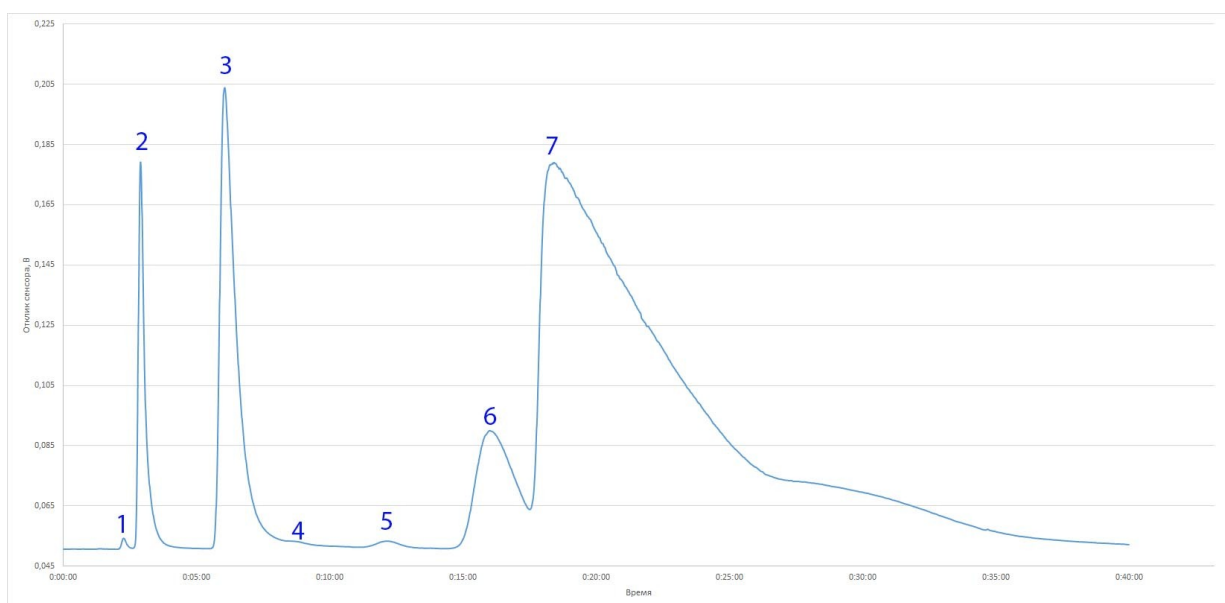


Рисунок 4 – Пример хроматограммы газовой смеси сероводорода с углеводородами, 1 – метан, 2 – этан, 3 – сероводород, 4 – пропан, 5 – изобутан, 6, 7 – более тяжелые углеводороды.

На рисунке 5 представлен пример хроматограммы 8 последовательных анализов газовой смеси сероводорода с мешающими примесями, используется концентратор для увеличения концентрации сероводорода и удаления легких компонентов, так же используется обратная продувка хроматографической колонки для обратной продувки тяжелых компонентов и уменьшения времени анализа. Концентрация сероводорода на входе в газоанализатор составляет 3 ppb.

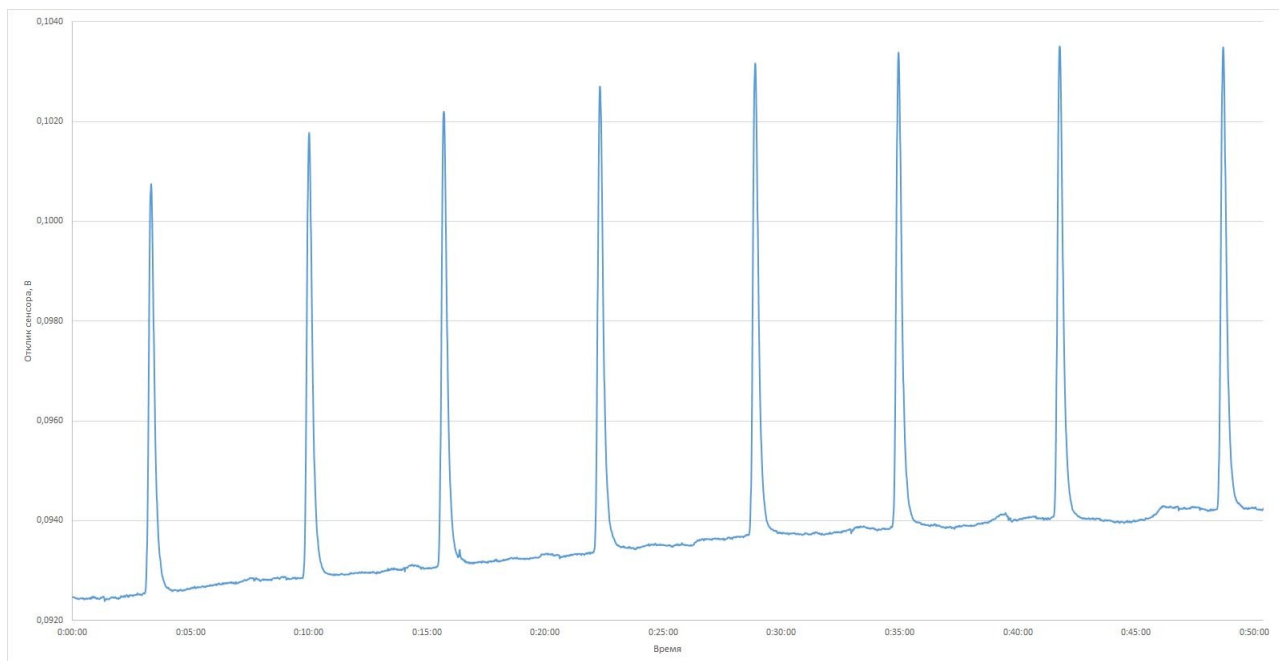


Рисунок 5 – восемь последовательных анализов газовой смеси с концентрацией сероводорода 3 ppb в присутствии мешающих примесей с применением концентратора и обратной продувки хроматографической колонки.

Список литературы:

1. Потапов С.В., Фокина А.И. Испытание и оптимизация работы газочувствительных датчиков – Экология родного края: проблемы и пути решения: Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 2. Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016. 275 с.