

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

---

№ 3 (2024)

ПАВЛОДАР

**МАЗМУНЫ**  
**СОДЕРЖАНИЕ**  
**CONTENT**

<b>Айтмагамбетова Г. А., Никифоров А. С.</b> Некоторые аспекты оптимизационной задачи энергоэффективной работы комплекса по прокатке кокса .....	6
<b>Akishev K., Nurtay J.</b> Automation of labor protection system management at an industrial enterprise.....	23
<b>Atyaksheva A., Mergalimova A., Ybray S., Dashevskaya A., Ryykina N.</b> Simulation heating process for weakly reactive coal in the horizontal reactor.....	38
<b>Галкин С. В., Сегеда Т. А., Елистратов С. Л., Акаев А. М.</b> Анализ нормативного расчета тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей в аспекте повышения энергоэффективности .....	52
<b>Есмаханова Л. Н., Мыркалыков Б. С., Балгабаева С., Абеннова А. Т., Сағындық Ә. Б.</b> Моделирование процесса горения с помощью нечетких нейронных сетей .....	67
<b>Жумадилова А. К.</b> Математическая модель устройства контроля состояния изоляции и тока однофазного замыкания на землю.....	83
<b>Исабеков Ж. Б., Талипов О. М., Хусаинова А. Б., Тюлюгенова Л. Б., Жантлесова А. Б.</b> Защита силового кабеля соледобывающей плавучей платформы от однофазного замыкания на землю.....	102
<b>Д. Д. Исабеков, Н. Ш. Жуматаев, Д. С. Нарынбаев</b> Многофункциональный комплект релейной защиты.....	117
<b>Кайдагулов Д. К., Несмеянова Р. М., Масакбаева С. Р.</b> Анализ и оптимизация устойчивости горения в печах первичной перегонки нефти с использованием ПИД-регуляторов.....	127
<b>Камарова С. Н., Исаев В. Л., Нешина Е. Г.</b> Методика расчета для выявления условий обеспечения скрубберами экологической чистоты дымовых газов .....	143

МРНТИ 44.01.94

<https://doi.org/10.48081/HRWJ4394>

**Л. Н. Кириченко**<sup>1\*</sup>, **У. К. Жалмагамбетова**<sup>2</sup>,  
**М. С. Крыкбаева**<sup>3</sup>, **Е. В. Командиров**<sup>4</sup>, **А. А. Шимпф**<sup>5</sup>

<sup>1</sup>ТОО «Astana IT University», Республика Казахстан, г. Астана

<sup>2,3,5</sup>Торайгыров Университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

<sup>4</sup>ТОО «Проманалит», Республика Казахстан, г. Павлодар

\*e-mail: [lalita17021996@gmail.com](mailto:lalita17021996@gmail.com)

<sup>1</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7069-5395>

<sup>2</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2261-2222>

<sup>3</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7808-8650>

<sup>4</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3549-8393>

ORCID: <sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0003-4203-9117>

## **МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМИССИЙ ОТ ОСНОВНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

*В статье представлены наиболее применяемые в рамках экологического мониторинга методы определения эмиссий от основных стационарных источников загрязнения. В исследовании приводится подробный анализ инфракрасной, ультрафиолетовой спектроскопии, а также электрохимического метода. Оценивается эффективность представленных методов при измерении концентрации загрязняющих веществ в атмосфере, а также преимущества и недостатки при практическом применении в реальных условиях. Исследование подчеркивает важность учета внешних факторов, таких как влажность и фоновые сигналы, которые могут существенно влиять на точность и надежность измерений, важность точной калибровки оборудования, обеспечивающей надежность и воспроизводимость результатов. Кроме того, в статье рассматриваются проблемы, которые связаны с потерей и отражением света на границах оптических элементов, что может снизить чувствительность измерений. Эти технические проблемы особенно актуальны в контексте*

*ультрафиолетовой спектроскопии, где потеря света может привести к снижению интенсивности сигнала и ухудшению точности измерений. В рамках электрохимического метода приведены данные о перекрестном влиянии газов, что в свою очередь, может привести к искажению результатов мониторинга, ложным тревогам или недооценке опасности.*

*Ключевые слова: эмиссии, экологический мониторинг, ультрафиолетовая спектроскопия, инфракрасная спектроскопия, стационарные источники загрязнений.*

## **Введение**

В настоящее время проблема загрязнения атмосферного воздуха является одной из наиболее актуальных экологических угроз современности. Стационарные источники загрязнений производят значительное количество эмиссий вредных веществ, которые оказывают негативное воздействие на здоровье человека и окружающую среду [1]. Загрязняющие вещества, такие как диоксид серы, оксиды азота и взвешенные частицы, могут вызывать заболевания дыхательной системы, сердечно-сосудистые заболевания и другие серьезные проблемы со здоровьем [2; 3]. А также способствуют изменению климата и деградации экосистем [4; 5]. Все это повышает необходимость в разработке более надежных методов измерения эмиссий для получения достоверных данных, необходимых для анализа и принятия управленческих решений. Также важно понимать, что в рамках эффективного экологического мониторинга необходимо учитывать различные факторы [6; 7], такие как тип источника, метеорологические условия и химические реакции в среде измерения.

В данной статье рассматриваются актуальные подходы к определению эмиссий от основных стационарных источников, акцентируется внимание на технических и методологических аспектах, связанных с применением спектроскопических методов. Демонстрируются основные проблемы, такие как потеря чувствительности измерений, влияние внешних факторов, а также предлагаются пути их решения для повышения точности экологического мониторинга. Эффективное управление выбросами и их

контроль являются важными шагами на пути к устойчивому развитию и улучшению качества жизни населения.

### Материалы и методы

В автоматизированных системах мониторинга окружающей среды применяются различные методы измерения загрязняющих веществ, которые обеспечивают точность и надежность данных.

В рамках инфракрасного метода в простом анализаторе инфракрасный свет излучается от такого источника излучения, как «Globe» (карбид кремния, нагреваемый до 1000 °С), других типов инфракрасных тепловых излучателей, инфракрасных светодиодов или инфракрасных лазеров [8]. Инфракрасный свет передается через две газовых ячейки: эталонная и анализируемая.

Эталонная ячейка содержит газ, например азот или аргон, который не поглощает свет на длине волны, используемой в приборе. Когда излучаемый луч проходит через образец, молекулы загрязняющих веществ поглощают часть инфракрасного света. В результате, когда свет появляется с конца ячейки образца, он будет иметь меньше энергии чем, когда он был введен. Он также будет иметь меньше энергии, чем свет, выходящий из опорной ячейки.

Отношение сигналов детектора от двух ячеек дает коэффициент пропускания света  $Tr = I/I_0$ , который может быть связан с газом-загрязнителем:

$$\begin{cases} I_{sample} = I_0 e^{-\alpha(\lambda)cl}; \\ I_{reference} = I_0 e^{-\alpha(\lambda)cl} = I_0 e^0 = I_0 \end{cases} \quad (1)$$

Значение  $I_0$  остается неизменным, поэтому образец может быть связан с ним для получения коэффициента пропускания ( $Tr = I/I_0$ ) и измерения концентрации. Принцип измерения газоанализатора использующий инфракрасный метод представлен на рисунке 1.

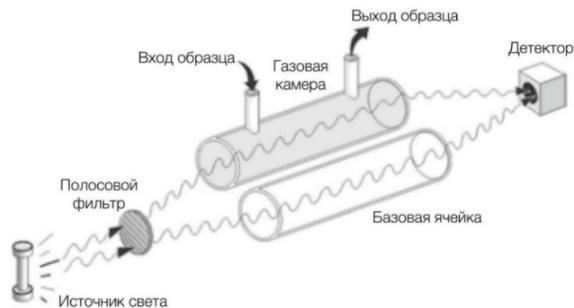


Рисунок 1 – Инфракрасный метод измерения

Анализаторы, работающие в области ультрафиолетового (УФ) спектра, используются для мониторинга загрязняющих веществ и технологического газа в течение многих лет [9]. Характеристики света в ультрафиолетовой области спектра (более короткая длина волны, более высокая энергия) приводят к молекулярным электронным переходам при поглощении света. Поскольку энергия, связанная с процессами поглощения, больше, чем в инфракрасном диапазоне, легче обнаружить изменения в поглощении. Для этой цели традиционно используются фотомножительные трубки; однако в настоящее время линейные фотодиодные приемные устройства на основе кремния применяются также в приборах для мониторинга источников. Принцип измерения газоанализатора использующий УФ-метод представлен на рисунке 2.

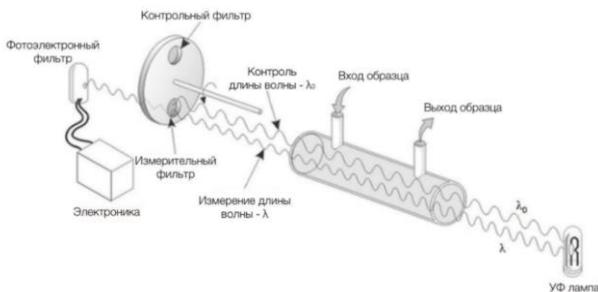


Рисунок 2 – Ультрафиолетовый метод измерения.

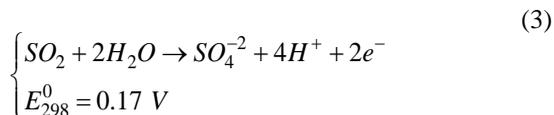
Электро-аналитические методы, используемые в мониторинге источников, включают методы полярографии, потенциометрии и электрокатализа [10].

Полярографические анализаторы относительно недороги и являются портативными и идеально подходят для инспекционных целей. Электрокаталитический используется только для мониторинга кислорода. С помощью этого метода можно использовать как экстрактивные, так и стационарные мониторы.

$$I(t) = I_0 e^{-(t/\tau)}, \quad (2)$$

где  $I$  - интенсивность света в момент времени  $t$ , воспринимается детектором;  $I_0$  - начальная интенсивность света;  $t$  - время, прошедшее после включения лазера;  $\tau$  - время кольцевого отключения, постоянная распада, равная времени, затраченному на падение интенсивности света до  $1/e$  начальной интенсивности.

Преобразователь в этих приборах обычно представляет собой автономный электрохимический элемент, в котором происходит химическая реакция с молекулами загрязняющих веществ [11]. В преобразователе используются два основных метода: диффузионный барьер (обычно отверстие, капилляр или полупроницаемая мембрана) позволяет молекуле загрязнителя диффундироваться в электролитический раствор и измеряется изменение тока, возникающее на электроде в результате окисления или восстановления газа на электроде. Например, в системе, предназначенной для измерения  $SO_2$ , происходит реакция окисления, которая происходит в



где  $E_{298}^0$  потенциал напряжения полужелатина.

В точечной системе измерения [12] производятся в точке или на траектории, короткой по отношению к диаметру дымовой трубы или канала, поэтому необходимо учитывать длину и расположение пробоотборника, особенно если концентрации газа стратифицированы в дымовой трубе. "Точка" может простираться более чем на несколько сантиметров до 1 метра или даже длиннее при измерении низких концентраций газа.

В свою очередь, трассовые системы на месте измеряют расстояние в газоходе, которое обычно эквивалентно внутреннему диаметру газохода. Мониторы с интегрированной траекторией используют электрооптические методы, при которых свет передается через газоход на детектор. Световая энергия поглощается целевыми молекулами на их сигнатурных длинах волн, когда свет проходит через дымовой газ в процессе его перехода к детектору.

Путем измерения по траектории получается концентрация, интегрированная по траектории. В подобных измерениях используется термин «оптическая глубина», которая является продуктом концентрации газа и длины канала измерения

$$\text{Оптическая глубина} = c_s d_m,$$

где  $c_s$ - концентрация газа;  $d_m$  - расстояние, которое луч света проходит через дымовой газ.

Оптическая глубина, выраженная в ppm-метрах, полезна при обсуждении возможностей измерения систем газомониторинга траектории. Например, если двойной проход прибора имеет диапазон 5000 ppm-м, его полномасштабное чтение (пролет) на дымовой трубе(газохода) диаметром 5 метров будет  $5000/(2 \times 5) = 500$  ppm. Поскольку оптическая глубина является продуктом концентрации и длины пути, можно получить эквивалентную оптическую глубину путём уменьшения длины пути и увеличения концентрации или наоборот.

Основные методы измерения эмиссий от стационарных источников загрязнений, которые подлежат непрерывному мониторингу, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Методы измерения загрязняющих веществ

Параметр	Наименование метода				
	Экстрактивные системы			Системы In-situ	
	Инфракрасный метод	Ультрафиолетовый метод	Электроаналитический метод	Точечный	Трассовый
1	2	3	4	5	6
Оксид азота NO	Применяются корреляционный газовый фильтр	УФ-лампы, испускающие 284 и 309 нм при Hot-wet	+	Дифференциальное поглощение /Применяются корреляционный газовый фильтр	Регулируемые лазерные системы
Диоксид азота NO <sub>2</sub>	-	УФ-лампы, испускающие 214нм при Hot-wet	+	Дифференциальное поглощение	Дифференциальное поглощение
Оксид углерода CO	+	-	+	Применяются корреляционный газовый фильтр	Дифференциальное поглощение /Регулируемые лазерные системы
Сернистый диоксид SO <sub>2</sub>	+	УФ-лампы, испускающие 285, 309 и 383нм при Hot-wet	+	Применяются корреляционный газовый фильтр	Дифференциальное поглощение
Сероводород	-	УФ-лампы, испускающие 214нм	+	Дифференциальное	Регулируемые

H <sub>2</sub> S				поглощен ие	лазерные системы
Углеро да оксид- сульфи д	-	УФ-лампы, испускающ ие 205нм	-	-	-
C OS		при Hot-wet			
Углеро да сульфи д CS 2		УФ-лампы, испускающ ие 206 и 215нм при Hot-wet			
Меркап таны		Применяетс я Жидкая хроматогра фия		Дифферен циальное поглощен ие	

### Результаты и обсуждение

При применении ультрафиолетового метода измерения эмиссий наблюдается две возможные проблемы: потерями и отражение света между оптическими элементами газоанализатора и окружающей средой. При отражении света на границах раздела между оптическими элементами и средой могут возникать фоновые шумы и сигналы, которые возникают отражении света, что снижает точность полученных результатов.

Важно отметить, что потери света при осуществлении экологического мониторинга приводят к снижению интенсивности сигнала, который регистрирует детектор газоанализатора и уменьшению чувствительности, что в свою очередь, также влияет точность результатов измерения.

Потери света также существенно влияют на точность измерения, накладывая лимит на разницу между минимальной и максимальной концентрацией газа. Это ограничение особенно влияет на исследование газовых смесей, для которых, важно корректное измерение низких и высоких концентраций.

Инфракрасная и ультрафиолетовая спектроскопии представляют собой мощные инструменты анализа молекулярной структуры и состава вещества. Однако, при их применении возникают ряд технических и методологических аспектов, которые могут оказать влияние на достоверность и интерпретацию получаемых результатов. При применении метода инфракрасной спектроскопии влажность окружающей среды представляет собой существенный фактор, способный исказить получаемые данные. Вода обладает интенсивными инфракрасными полосами поглощения, что может привести к фоновым сигналам и маскировке интересующих характеристик образца. Поэтому возникает необходимость использования дополнительных методов дегазации или сушки образцов. Ввиду наличия множества полос поглощения, особенно для сложных смесей или неоднородных образцов, требуется глубокое знание молекулярных структур и взаимодействий для корректного анализа спектральных данных, поэтому возникает сложность интерпретации. Также важно соблюдать чистоту измеряемого образца, так как даже небольшие примеси могут повлиять на результаты.

Чувствительность ультрафиолетовой спектроскопии к фоновым воздействиям, таким как воздействие света и окружающей среды, является еще одним аспектом, который необходимо учитывать при анализе образцов, что означает необходимость специальных условий проведения экспериментов. Также следует отметить, что некоторые материалы не обладают достаточной прозрачностью для ультрафиолетового излучения, что ограничивает область применения в рамках данного метода анализа. Это ограничение необходимо учитывать при интерпретации полученных результатов.

В рамках применения электрохимического метода большим недостатком является перекрестное влияние, что означает что он чувствителен не только к целевому газу, но и к другим газам входящих в состав анализируемой газа. Электрохимические ячейки окиси углерода (CO) могут быть чувствительны к водороду (H<sub>2</sub>), особенно в высоких концентрациях, диоксида азота (NO<sub>2</sub>) могут демонстрировать перекрестную чувствительность к озону (O<sub>3</sub>) и оксидам азота (NO<sub>x</sub>), кислорода (O<sub>2</sub>) могут быть чувствительны к некоторым летучим органическим соединениям (ЛОС) и другим газам.

Таблица 2 – Перекрестное влияние при измерение электрохимическим методом

Sensor	C C	H C <sub>2</sub> S	S C <sub>2</sub>	N C <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	Cl C <sub>2</sub>	H C N	N C I	PH C <sub>3</sub>	N O	H <sub>2</sub>	N H C <sub>3</sub>
Carbon Monoxide (CO)	100%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	0%
Hydrogen Sulfide (H <sub>2</sub> S)	0%	100%	0%	40%	3%	25%	0%	0%	5%	0%	0%	5%
Sulfur Dioxide (SO <sub>2</sub> )	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	40%
Nitrogen Dioxide (NO <sub>2</sub> )	5%	24%	16.5%	100%	5%	0%	70%	0%	11%	0%	0%	10%
Chlorine (Cl <sub>2</sub> )	10%	17%	25%	0%	0%	0%	20%	0%	20%	0%	0%	50%
Chlorine Dioxide (ClO <sub>2</sub> )	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Hydrogen Cyanide (HCN)	5%	0%	0%	%	%	%	00%	5%	%	%	0%	%
Hydrogen Chloride (HCl)		%		%		%	%	00%	%	5%	%	%
Phosphine (PH <sub>3</sub> )						10%	25%	00%	00%			
Nitric Oxide (NO)	5%	0.2%	%	%			5%			00%	0%	%
Hydrogen (H <sub>2</sub> )	2%	.1%	.5%	%	%	%	%	%	%	%	00%	%
Ammonia (NH <sub>3</sub> )	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	00%
Acetylene	02%	%	38%	%						%		

При присутствии определённой концентрации CO, датчик H<sub>2</sub>S покажет дополнительный сигнал, эквивалентный 1% этой концентрации CO, как если бы это был H<sub>2</sub>S. Если концентрация CO составляет 100 ppm, то датчик H<sub>2</sub>S ошибочно добавит к своему показанию 1% от этой концентрации, то есть 1 ppm, как будто бы это был H<sub>2</sub>S.

Присутствие перекрёстного влияния делает этот метод не всегда надёжным выбором. Датчики реагируют не только на целевой газ, но и на присутствие других газов в смеси, приводя к искажённым показаниям. В другом случае, когда датчик хлороводорода (HCl) чувствителен к сероводороду (H<sub>2</sub>S) с перекрёстной чувствительностью в 300%, то присутствие 100 ppm H<sub>2</sub>S может добавить 300 ppm к показанию HCl, что значительно исказит результат. Это может привести к ложным тревогам или недооценке опасности, требуя дополнительных калибровок и коррекций для повышения точности измерений.

### **Информация о финансировании**

Исследования выполнены при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках программы ИРН BR21882258 «Разработка комплекса интеллектуальных информационно-коммуникационных систем для экологического мониторинга эмиссий в окружающую среду для принятия решения в концепте углеродной нейтральности».

### **Выводы**

В рамках исследования были рассмотрены различные методы измерения эмиссий от стационарных источников загрязнений, которые используются в системах экологического мониторинга. Однако, рассмотренные методы имеют свои недостатки, которые ограничивают их эффективность.

Метод ультрафиолетовой спектроскопии показывает довольно точные результаты, но на данные влияют потери света и отражения, что снижает чувствительность и точность измерений. Эти проблемы требуют регулярной калибровки и корректировки оборудования. Инфракрасная спектроскопия подвержена влиянию влажности, что может искажать результаты и усложнять их интерпретацию, особенно в сложных смесях. Электрохимические методы, хотя и эффективны для определения концентраций газов, подвержены перекрестным влияниям, что может привести к ложным показаниям и требует дополнительных коррекций. Недостаточная селективность и чувствительность к другим веществам делают эти методы менее надёжными в многокомпонентных средах.

Недисперсионные методы, хотя и обеспечивают неплохую точность, ограничены в диапазоне измеряемых концентраций и требуют тщательной

настройки для минимизации влияния внешних факторов. Оптимальным методом может стать усовершенствованный на базе существующих методов экологического мониторинга, но учитывающий факторы, которые вносят искажения в показания.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Biloshchytskyi, A., Kuchanskyi, O., Andrashko, Y., Yedilkhan, D., Neftissov, A., Biloshchytska, S., Amirgaliyev, B., Vatskel, V.** Reducing Outdoor Air Pollutants through a Moss-Based Biotechnological Purification Filter in Kazakhstan [Текст] // Urban Science. – 2023. – V. 7. – №4. – P. 104. doi: <https://doi.org/10.3390/urbansci7040104>

2 **Li, J., Deng, Z., Soerensen, S.J.C., Kachuri, L., Cardenas, A., Graff, R.E., Leppert, J.T., Langston, M.E., Chung, B.I.** Ambient air pollution and urological cancer risk: A systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence [Текст] // Nat Commun. – 2024. – V. 15. – №1. – P. 5116. doi: – [10.1038/s41467-024-48857-2](https://doi.org/10.1038/s41467-024-48857-2)

3 **Brauer, M., Brook, J.R., Christidis, T., Chu, Y., Crouse, D.L., Erickson, A., Hystad, P., Li, C., Martin, R.V., Meng, J., Pappin, A.J., Pinault, L.L., Tjepkema, M., van Donkelaar, A., Weagle, C., Weichenthal, S., Burnett, R.T.** Mortality-Air Pollution Associations in Low Exposure Environments (MAPLE): Phase 2 [Текст] // Res Rep Health Eff Inst. – 2022. – №212. – P. 1–91. PMID: 36224709

4 **Downey, N., Emery, C., Jung, J., Sakulyanontvittaya, T., Hebert, L., Blewitt, D., Yarwood, G.** Emission reductions and urban ozone responses under more stringent US standards [Текст] // Atmospheric Environment. – 2014. – v. 101. doi: [10.1016/j.atmosenv.2014.11.018](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.11.018)

5 **Cakaj, A., Qorri, E., Coulibaly, F., Agathokleous, E., Leca, S., Sicard, P.** Assessing surface ozone risk to human health and forests over time in Poland [Текст] // Atmospheric Environment. – 2023. – V. 309. [10.1016/j.atmosenv.2023.119926](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2023.119926)

6 **Jiménez Navarro, M., Martínez Ballesteros, M., Martínez-Álvarez, F., Cortés, G.** Explaining deep learning models for ozone pollution prediction via embedded feature selection [Текст] // Applied Soft Computing. – 2024. – V. 157. doi: – [10.1016/j.asoc.2024.111504](https://doi.org/10.1016/j.asoc.2024.111504)

7 **Liu, G., Wang, Y.** Vertical distribution characteristics and potential sources of atmospheric pollutants in the North China Plain basing on the MAX-DOAS measurement [Текст] // Environmental Sciences Europe. – 2024. – V. 36. doi: [10.1186/s12302-024-00902-z](https://doi.org/10.1186/s12302-024-00902-z)

8 **Wastine, B., Hummelgård, C., Bryzgalov, M., Rödjegård, H., Martin, H., Schröder, S.** Compact Non-Dispersive Infrared Multi-Gas Sensing Platform for Large Scale Deployment with Sub-ppm Resolution [Текст] // Atmosphere. – 2022. – V. 13. – №1789. doi: [10.3390/atmos13111789](https://doi.org/10.3390/atmos13111789)

9 **Lambey, V., Prasad, A.D.** Measurement of PM10, PM2.5, NO<sub>2</sub>, and SO<sub>2</sub> Using Sensors [Текст] // B: Advanced Methods for Decision-Making in Healthcare, eds. Springer, Cham, 2022. doi: [10.1007/978-3-031-16217-6\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-16217-6_6)

10 **Xiong, Y., Wang, Z., Tang, L., Chen, Q., Feng, Y., Xie, Z., Fu, D.** Ozone-3, 6-dihydroxynaphtha-2, 7-disulphonate chemiluminescence system is used for online ozone detection [Текст] // Luminescence. – 2024. – V. 38. [10.1002/bio.4393](https://doi.org/10.1002/bio.4393)

11 **Brum, M., Sobrinho, D., Fagundes, F., Oudwater, R., Augusto, C.** Development of benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes certified gaseous reference materials [Текст] // Journal of Physics: Conference Series. – 2016. – V. 733. – P. 012035. doi: [10.1088/1742-6596/733/1/012035](https://doi.org/10.1088/1742-6596/733/1/012035).

12 **Dugheri, S., Mucci, N., Bonari, A., Marrubini, G., Cappelli, G., Ubiali, D., Campagna, M., Montalti, M., Arcangeli, G.** Solid phase microextraction techniques used for gas chromatography: A review [Текст] // Acta Chromatographica. – 2019. – P. 1-9. doi: [10.1556/1326.2018.00579](https://doi.org/10.1556/1326.2018.00579).

Поступило в редакцию 22.08.24

Поступило с исправлениями 22.08.24

Принято в печать 05.09.24

*Л. Н. Кириченко*<sup>1\*</sup>, *Ұ. Қ. Жалмағамбетова*<sup>2</sup>, *М. С. Қрыкбаева*<sup>3</sup>,  
*Е. В. Командиров*<sup>4</sup>, *А. А. Шимпф*<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Astana IT University, Қазақстан Республикасы, Астана қ.

<sup>2,3,5</sup>Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

<sup>4</sup>Проманалит ЖШС, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

22.08.24 ж. баспаға түсті.

22.08.24 ж. түзетулерімен түсті.