

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-2-81-86>

УДК 663.97.014/19

© 2022

Поступила 29.03.2022

Received 29.03.2022



Принята в печать 27.04.2022

Accepted 27.04.2022

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / The author declare no conflict of interests*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА В ТАБАЧНОЙ И НИКОТИНСОДЕРЖАЩЕЙ ПРОДУКЦИИ

Анастасия Ю. Лушникова

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака,  
махорки и табачных изделий»;  
ул. Московская, д. 42, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация*

**Аннотация.** Снижение токсичности табачной продукции является актуальной проблемой на сегодняшний день. Производители в качестве альтернативы традиционным сигаретам предлагают потребителям инновационные виды никотинсодержащей продукции, в частности электрические системы нагревания табака. Данный вид никотинсодержащей продукции отличается от сигарет тем, что у ЭСНТ иной способ потребления, вследствие которого происходит образование дисперсной фазы, в состав которой входят мельчайшие твердожидкие частицы при отсутствии процесса горения, посредством нагревания наполнителя. Наличие на рынке инновационных видов продукции обязывает оценивать и контролировать качество изделий, следовательно, нужно разрабатывать или совершенствовать существующие методы определения потенциально опасных для организма компонентов, в том числе оксидов азота (NO, NO<sub>x</sub>), входящих в состав генерируемого аэрозоля. В работе представлена характеристика оксидов азота (NO, NO<sub>x</sub>), рассмотрен процесс образования, токсичные свойства, оказываемые на организм, а также обзор методов определения оксидов азота с использованием курительной машины и хемилюминесцентного газоанализатора. Также приведен уровень содержания оксидов азота (NO, NO<sub>x</sub>) в газовой фазе аэрозоля изделий из табака нагреваемого в сравнении с содержанием оксидов азота в газовой фазе табачного дыма контрольной сигареты 3R4F. Особое внимание уделено рассмотрению нормативной документации по регулированию инновационной продукции. Общепринятый подход в сфере установления норм к регулированию инновационных видов никотинсодержащей продукции в настоящее время отсутствует и находится в стадии разработки. В данной статье обоснована необходимость разработки и внедрение в национальный стандарт на табак нагреваемый методики по определению оксидов азота.

**Ключевые слова:** табачный дым, аэрозоль, электрическая система нагревания табака (ЭСНТ), никотинсодержащая продукция, оксид азота, хемилюминесцентный газовый анализатор

Для цитирования: Лушникова А.Ю. Аналитический обзор методов определения оксидов азота в табачной и никотинсодержащей продукции // Новые технологии. 2022. Т. 18, № 2. С. 81-86. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-2-81-86>

## ANALYTICAL REVIEW OF METHODS FOR THE DETERMINATION OF NITROGEN OXIDES IN TOBACCO AND NICOTINE CONTAINING PRODUCTS

Anastasia Yu. Lushnikova

FSBSI «All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, Makhorka and Tobacco Products»;  
42 Moskovskaya str., Krasnodar, 350072, the Russian Federation

**Abstract.** Reducing the toxicity of tobacco products is a pressing issue today. Manufacturers offer consumers innovative types of nicotine containing products, such as electric tobacco heating systems, as an alternative to traditional cigarettes. This type of nicotine containing products differs from cigarettes, i.e. the ECNT has a different way of consumption, which is the formation of the dispersed phase, which consists of the smallest solid particles in the absence of combustion by heating the filler. The presence of innovative products requires on the market evaluating and monitoring the quality of products, therefore, it is necessary to develop or improve existing methods to identify potentially harmful components for the body, including nitrogen oxides (NO, NO<sub>x</sub>), which are part of the generated aerosol. This paper presents a characteristic of nitrogen oxides (NO, NO<sub>x</sub>), reviews the formation process, toxic properties affecting the body, as well as an overview of the methods for determining nitrogen oxides using a smoking machine and chemiluminescent gas analyzer. The level of nitrogen oxides content (NO, NO<sub>x</sub>) in the gaseous phase of tobacco products aerosol compared with the content of nitrogen oxides in the gaseous phase of tobacco smoke of control cigarette 3R4F is also given. Particular attention is paid to the consideration of regulatory documentation for the regulation of innovative products. There is no generally accepted approach in the sphere of standard setting for regulation of innovative nicotine containing products at the present time and it is under development. The article substantiates the need to develop and implement in the national standard for tobacco heated methodology for determining nitrogen oxides.

**Keywords:** tobacco smoke, aerosol, electric system for heating tobacco (ESHT), nicotine containing products, nitrogen oxide, chemiluminescent gas analyzer

**For citation:** Lushnikova A.Yu. Analytical review of methods for the determination of nitrogen oxides in tobacco and nicotine containing products. *New technologies*. 2022; 18(2): 81-86. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-2-81-86>

Появление инновационной никотинсодержащей продукции, замещающей потребление традиционных табачных изделий, стало ответной реакцией на осуществление мер Всемирной организации здравоохранения по борьбе с табаком. Производители данных видов продукции заявляют о пониженном риске для здоровья потребителей. Для оценки безопасности этой продукции необходим комплексный подход к исследованию содержащихся в

ней потенциально вредных и опасных веществ как в наполнителе, так и в аэрозоле.

Распоряжением Правительства РФ от 18 ноября 2019 г. № 2732-р утверждена «Концепция осуществления государственной политики противодействия потреблению табака и иной никотинсодержащей продукции в РФ на период до 2035 г. и дальнейшую перспективу».

«Под никотинсодержащей продукцией в целях Концепции понимается

продукция [1], содержащая никотин и предназначенная для потребления никотина любым способом (за исключением лекарственных средств, зарегистрированных в соответствии с законодательством РФ), а также устройства для потребления такой продукции» [1].

Коллегией Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) от 22 декабря 2020 г. № 188 одобрен проект по внесению изменений в план по разработке технического регламента на никотинсодержащую продукцию, в котором будут отражаться все инновационные (табачные и не табачные) виды изделий, а также будут закреплены обязательные требования к этим видам продукции. К инновационным видам изделий относятся: табак нагреваемый, жидкости для ЭСДН, никотинсодержащая продукция орального потребления, а также нетабачные смеси для кальянов.

В настоящее время принято постановление Правительства Российской Федерации № 2425 от 23 декабря 2021 г. «Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации, и единого перечня продукции, подлежащей декларированию соответствия» [2], в котором (позиция № 67) перечислены обязательные требования к табаку нагреваемому для исполнения разделы ГОСТ Р 57458-2017 [3].

В результате процессов горения табака в сигаретах происходит образование многих токсикантов. В процессе нагревания табака образование токсичных компонентов табачного дыма резко снижается, вследствие более низких по сравнению с горением температур. Нагревание табака приводит к образованию аэрозоля с более низким содержанием оксидов азота ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_x$ ). Это подтверждают ранее полученные результаты содержания оксидов азота в аэрозоле табака нагреваемого, которые варьировались от 4,2 до 51,4 мкг/стик. Концентрация 51,4 мкг/стик на порядок ниже, чем 571 мкг оксидов азота, обнаруженных в дыме контрольной сигареты 3R4F [4].

Цель исследования данной работы – провести аналитический обзор методов определения оксидов азота, а также изучить характеристики данных веществ в различной никотинсодержащей продукции для дальнейшей разработки национального метода определения содержания  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_x$  в газовой фазе аэрозоля.

Оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ) – представляют собой смесь газов оксида азота ( $\text{NO}$ ) и диоксида азота ( $\text{NO}_2$ ), образующихся от процессов горения и тления органических веществ, в том числе и табака, являющиеся составной частью газовой фазы аэрозоля, а также табачного дыма.

Оксид азота ( $\text{NO}$ ) – бесцветный, негорючий газ [5] отнесен к 3 классу опасности. Более опасный диоксид азота ( $\text{NO}_2$ ) – негорючий газ оранжево-красноватобурого цвета [5] с удушливым запахом отнесен к 2 классу опасности. Все оксиды азота оказывают негативное воздействие на здоровье человека. Диоксид азота наиболее токсичный из группы  $\text{NO}_x$ . Выдыхание ядовитых паров диоксида азота вызывает сенсорные, функциональные и патологические эффекты [6].

Оксиды азота, так же как и монооксид углерода, образуются при частичном сгорании табака в зоне тления. Монооксид углерода образуется при температуре 300°C, оксиды азота образуются в интервале температур от 300 до 450°C, следовательно, эти вещества являются маркерами процессов горения или тления. При работе электрической системы нагревания табака (ЭСНТ) температура нагрева на момент затяжки достигает 250–350°C [7]. Следовательно, нагревание табака до температур ниже температуры пиролиза без его горения и тления приводит к генерированию аэрозоля с более низким содержанием вредных и потенциально опасных веществ, в отличие от традиционных сигарет, в которых пиролиз табака происходит при температуре свыше 800°C [7].

До 1973 года оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ) в дыме сигарет определяли с помощью

реакции Зальцмана или ее модификации. В некоторых методах применялись другие цветообразующие реагенты, но почти все методы были основаны на окислении оксида азота (NO) до оксида азота (NO<sub>2</sub>) и абсорбции в растворе перед измерением на спектрофотометре или электрофотокolorиметре. Эти методики трудоемки, и, как правило, только газовая фаза одного образца сигарет может быть проанализирована за один день [8; 9].

В 1969 году метод спектрофотометрического определения NO в ультрафиолетовом спектре был представлен на 23-й Научно-исследовательской конференции химиков, занимающихся изучением табака и табачного дыма.

Общепризнано, что NO<sub>2</sub> присутствует в свежем дыме в очень низкой концентрации, но содержание его увеличивается со временем из-за окисления NO. Поэтому анализ должен выполняться сразу же после сбора газовой фазы табачного дыма.

Большинство аналитических методов анализа требуют, по крайней мере, одного часа времени для полного окисления NO до NO<sub>2</sub>. В некоторых случаях эти вещества могут разлагаться в течение этого времени и полученные значения будут ошибочны.

Для анализа оксидов азота используется хемиллюминесцентный анализ, являющийся совокупностью методов количественного анализа состава вещества по хемиллюминесценции [10]. В настоящее время разрабатывается международный стандарт ISO/AWI23924 на метод хемиллюминесцентного определения оксидов азота в газовой фазе дыма сигарет при интенсивном режиме прокуривания [11].

Существует несколько методов по определению оксидов азота в никотинсодержащей продукции: в дыме сигарет, газовой фазе аэрозоля табака нагреваемого.

Для количественной оценки оксидов азота в табачном дыме лаборатория Labstat использует метод Health Canada «Определение оксидов азота в табачном дыме T-110». Принцип метода состоит в

генерации аэрозоля главной струи табачного дыма и сборе газовой фазы аэрозоля.

Для сбора газовой фазы аэрозоля прокуривают одну сигарету на однопортовой курительной машине, далее в камере смешивания дыма последовательно от каждой затяжки собирают газовую фазу аэрозоля основного потока. На следующем этапе – количественно определяют содержание оксидов азота хемиллюминесцентным газоанализатором.

Компания British American Tobacco Group Research&Development разработала метод определения содержания оксида азота в табачном дыме. Этот метод используется для определения концентрации оксида азота (NO) в дыме сигарет при помощи ротационной курительной машины и хемиллюминесцентного детектора.

Компания Philip Morris Products S.A. Research&Development для количественной оценки оксидов азота (NO, NO<sub>x</sub>) разработала метод определения оксидов азота в аэрозоле ЭСНТ.

Сбор аэрозоля происходит с помощью линейной машины Cerulean SM450 в мешок для сбора газа, с последующим подключением мешка к газоанализатору Ecophysics CLD811, который определяет оксид азота (NO), а также оксиды азота (NO<sub>x</sub>) посредством хемиллюминесценции.

Описанный метод применим для анализа газовой фазы аэрозоля ЭСНТ при режиме прокуривания, установленном Министерством здравоохранения Канады.

По результатам аналитического обзора в области методов определения оксидов азота можно сделать следующие выводы:

1. Большинство рассмотренных зарубежных методов определения оксидов азота применимо для определения NO, NO<sub>x</sub> в табачном дыме.
2. Уровень содержания оксидов азота в аэрозоле табака нагреваемого гораздо ниже, чем в газовой фазе дыма сигарет.

3. В России отсутствуют методы определения оксидов азота как в табачном дыме, так и в аэрозоле табака нагреваемого.

4. Необходима разработка и внесение методики по определению оксидов азота в газовой фазе аэрозоля табака нагреваемого

в национальный стандарт на табак нагреваемый. Разработанный метод определения оксидов азота позволит дать оценку качества и безопасности инновационным видам никотинсодержащей продукции, а также будет положен в основу технического регулирования этого вида продукции.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201911220010?index=5&rangeSize=1>.
2. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202112300200>.
3. ГОСТ Р 57458-2017. Табак нагреваемый. Общие технические условия. Введ. 2017-07-01. М.: Стандартиформ, 2017. 12 с.
4. Schaller J. [et al.] Evaluation of the Tobacco Heating System 2.2. Part 3: Influence of the tobacco blend on the formation of harmful and potentially harmful constituents of the Tobacco Heating System 2.2 aerosol. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2016; 81.
5. <https://studopedia.org/8-115617.html>.
6. Демьянцева Е.А., Шваб Е.А., Реховская Е.О. Механизм образования и негативное влияние выбросов, содержащих оксиды азота // Молодой ученый. 2017. № 2 (136). С. 231–234.
7. Гнучих Е.В., Шкидюк М.В., Миргородская А.Г. Исследования инновационной продукции – электронных систем доставки никотина // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80, № 3. С. 265–271.
8. Scherbak M.P., Smith T.A. A colorimetric method for the determination of total oxides of nitrogen in cigarette smoke. *Analyst*. 1970; (95): 964–968.
9. Williams T.B. The Determination of Nitric Oxide in Gas Phase Cigarette Smoke by Non-dispersive Infrared Analysis. *Beiträge zur Tabak Forschung International*. 1980; 10(2).
10. Klimisch H.J., Kirchheim E. Quantification of nitric oxide in cigarette smoke using chemiluminescence. *Z Lebensm Unters Forsch*. 1977; 163(1): 48–52.
11. ISO/AWI 23924 Cigarettes – Determination of nitrogen oxides in the vapor phase of cigarette smoke with an intense smoking regime – Chemiluminescence method [Electronic resource]. URL: <https://www.iso.org/standard/77350.html>.

### REFERENCES:

1. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201911220010?index=5&rangeSize=1>.
2. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202112300200>.
3. GOST R 57458-2017. Heated tobacco. General specifications. Enter. 2017-07-01. Moscow: Standartinform; 2017 (in Russ).
4. Schaller J. [et al.] Evaluation of the Tobacco Heating System 2.2. Part 3: Influence of the tobacco blend on the formation of harmful and potentially harmful constituents of the Tobacco Heating System 2.2 aerosol. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2016; 81: 48–58.
5. <https://studopedia.org/8-115617.html>.
6. Demyantseva E.A., Shvab E.A., Ryakhovskaya E.O. The mechanism of formation and the negative impact of emissions containing nitrogen oxides. *Young scientist*. 2017; 2(136): 231–234 (in Russ).
7. Gnuchikh E.V., Shkidyuk M.V., Mirgorodskaya A.G. Research of innovative products – electronic nicotine delivery systems. *Proceedings of VSUET*. 2018; 80(3): 265–271 (in Russ).
8. Scherbak M.P., Smith T.A. A colorimetric method for the determination of total oxides of nitrogen in cigarette smoke. *Analyst*. 1970; (95): 964–968.
9. Williams T.B. The Determination of Nitric Oxide in Gas Phase Cigarette Smoke by Non-dispersive Infrared Analysis. *Beiträge zur Tabak Forschung International*. 1980; 10(2).

10. Klimisch H.J., Kirchheim E. Quantification of nitric oxide in cigarette smoke using chemiluminescence. *Z Lebensm Unters Forsch.* 1977; 163(1): 48–52.

11. ISO/AWI 23924 Cigarettes – Determination of nitrogen oxides in the vapor phase of cigarette smoke with an intense smoking regime [Electronic resource]. URL: <https://www.iso.org/standard/77350.html>.

---

***Информация об авторе / Information about the author***

---

**Анастасия Юрьевна Лушникова**,  
младший научный сотрудник лаборатори-  
и химии и контроля качества ФГБНУ  
«Всероссийский научно-исследователь-  
ский институт табака, махорки и табач-  
ных изделий», аспирант  
a\_lushnikova@inbox.ru  
тел.: 8(918)376 20 23

**Anastasia Yu. Lushnikova**, a junior  
researcher of the Laboratory of Chemistry  
and Quality Control of FSBSI «All-Russian  
Scientific Research Institute of Tobacco,  
Makhorka and Tobacco Products», a PhD  
student  
a\_lushnikova@inbox.ru  
tel.: 8(918)376 20 23