

Аналитические возможности систем искусственного обоняния и вкуса. Часть 1. «Электронные носы»

Лариса Б. Новикова¹ larisa-alina@ya.ru  0000-0001-7812-9195

Татьяна А. Кучменко¹ tak1907@mail.ru  0000-0002-9372-8038

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В первой части аналитического обзора представлены основные направления применения современных мультисенсорных систем типа «электронный нос». Обзор составлен по итогам зонтичного поиска информации по заданным словам и словосочетаниям. Зонтичный поиск показал свою эффективность для систематизации публикаций в выбранной области, снижения числа повторяющихся ссылок, не имеющих отношения к теме поиска. Поиск проведен по электронным каталогам российских и международных поисковых систем. Прослеживается тенденция роста интереса к выбранной тематике за последние 10 лет. Отмечаются традиционные для систем искусственного обоняния направления исследований. После некоторого спада в 2005–2010 гг. растет доля работ по решению задач улучшения качества и повышения безопасности во всех отраслях деятельности человека, включая пищевую промышленность, сельское хозяйство, экологию. Систематизированы некоторые решения в области анализа пищевых продуктов, сырья, готовых изделий. Обсуждается новое направление исследований с применением систем «электронный нос» на основе сенсоров разного типа действия. Таким направлением является медицина, при этом отмечается значительный прорыв в интенсивности применения ЭН в медицинской практике для развития неинвазивных методов диагностики. Положительными свойствами таких приборов и подходов являются малое время исследования, минимальные пробоподготовка и восстановление системы после измерения, а также малая масса/объем пробы, возможность неинвазивной диагностики. Наиболее часто публикуются исследования по результатам применения таких систем в анализе биопроб, особенно интересна неинвазивная диагностика. Среди диагностируемых лидируют направления онкологические, гинекологические, психиатрические. Однако появляются единичные публикации и по решению задач в педиатрии, стоматологии, эндокринологии и другие.

Ключевые слова: электронный нос, мультисенсорные системы, экспресс-диагностика

The analytical capabilities of the systems of artificial sense of smell and taste. Part 1. “Electronic nose”

Larisa B. Novikova¹ larisa-alina@ya.ru  0000-0001-7812-9195

Tatiana A. Kuchmenko¹ tak1907@mail.ru  0000-0002-9372-8038

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The first part of the analytical review presents the main directions of application of modern Multisensor systems such as "electronic nose". The review is based on the results of the umbrella search for information on the given words and phrases. Umbrella search has shown its effectiveness in organizing publications in the selected area, reducing the number of repetitive links and unrelated to the topic of the search. The search was carried out on the electronic catalogs of Russian and international search engines. The tendency of growth of interest to the chosen subject for the last 10 years is traced. Traditional research directions for artificial smell systems are noted. After a slight decline in 2005–2010, the share of work to address the challenges of improving quality and safety in all sectors of human activity, including the food industry, agriculture and the environment, is growing. Some solutions in the field of analysis of food products, raw materials, finished products are systematized. A new direction of research using "electronic nose" systems based on sensors of different types of action is discussed. This direction is medicine, while there is a significant breakthrough in the intensity of the use of EN in medical practice for the development of non-invasive diagnostic methods. The positive properties of such devices and approaches are a short study time, minimal sample preparation and recovery of the system after measurement, as well as a small mass/volume of the sample, the possibility of non-invasive diagnosis. The most frequently published research on the results of the use of such systems in the analysis of bioassays, especially interesting non-invasive diagnosis. Among the diagnosed lead direction oncological, gynecological, psychiatric. However, there are single publications and to solve problems in Pediatrics, dentistry, endocrinology and others.

Keywords: e-nose, multi-sensor system, rapid diagnosis

Введение

За сравнительно небольшой период времени системы искусственного обоняния, основанные на идее о том, что массивы газовых сенсоров могут имитировать естественное

(человеческое) обоняние для идентификации и распознавания запахов, прошли эволюцию от простейших химических сенсоров до создания и применения мультисенсорных систем электронного типа. Исследования в области

Для цитирования

Новикова Л.Б., Кучменко Т.А. Аналитические возможности систем искусственного обоняния и вкуса. Часть 1. «Электронные носы» // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 236–241. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-236-241

For citation

Novikova L.B., Kuchmenko T.A. The analytical capabilities of the systems of artificial sense of smell and taste. Part 1. “Electronic nose”. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 236–241. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-236-241

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

«электронный нос» (ЭН) ведутся не менее 50 лет и достигли значительного прогресса. Более 40 лет основными сферами применения систем искусственного обоняния были пищевые технологии, безопасность и экология. Создание новых материалов, развитие IT-технологий, миниатюризация аналитических приборов открывают новые возможности и для мульти-сенсорных систем.

Цель исследования – систематизация и установление приоритетных актуальных направлений исследования с применением систем «электронный нос».

Материалы и методы

Наиболее эффективным приемом решения задач анализа публикаций, новых направлений исследования и технического развития по выбранному направлению является систематический поиск по сочетанию слов. Для поиска применяются открытые системы накопления научной и технической информации как российские, так и зарубежные (eLIBRARY, базы Роспатента, Elsevier и др.) В качестве ключевых слов выбраны «мультисенсорные системы», «анализ, сенсоры, электронный нос, пищевые продукты, экологический мониторинг, технологические процессы». Поиск по отдельным ключевым словам неэффективен, хотя и наиболее полный. Однако приводит к накоплению повторяющихся публикаций, не относящихся к теме поиска. Поэтому наиболее эффективен подход «зонтичного» поиска, который проводится по словосочетаниям или предложениям, например, «сенсоры в анализе пищи», «электронный нос в экомониторинге» и т. д. Такой подход практически исключает повторы, позволяет получить более соответствующий цели материал, уменьшить ссылки на информацию из других направлений исследования. Проведен поиск и систематизация публикаций в открытой печати за период 2009–2018 гг. по разработке и применению сенсорных систем типа ЭН для определения органических и неорганических соединения в различных объектах: пищевых продуктах, фармацевтических и парфюмерных препаратах, биологических образцах, объектах окружающей среды, а также высокотоксичных газовых выбросах.

Результаты и их обсуждение

«Электронный нос» – это мультисенсорная система, сочетающая массив селективных / неселективных сенсоров, характеризующихся «перекрестной» чувствительностью и «обученных» для распознавания образов широкого набора анализируемых смесей паров и газов. Современные устройства «электронный нос»

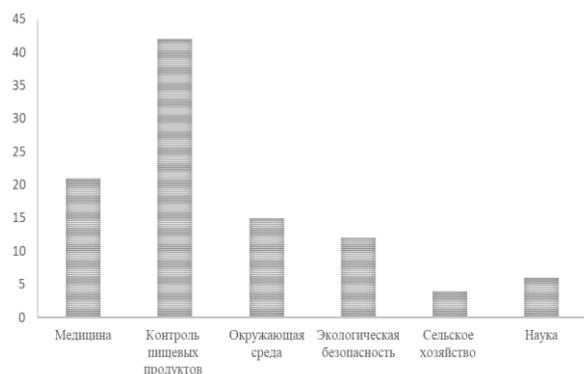
могут обеспечить селективные детектирования отдельных газов с предельно низкими концентрациями при наличии набора неселективных сенсоров, что отличает их от традиционных сенсорных систем [1]. Первые существенные изменения как самих приборов, так и сфер их применения связаны с развитием нанотехнологий. Реализация систем типа ЭН возможна благодаря современным технологиям нанoeлектроники и создания наноматериалов: нанопроволокон, нанотрубок как элементов преобразователя, обеспечивающих высокую чувствительность био/химсенсоров. Нанотехнологии служат инструментом для создания новых сенсорных материалов, а развитие печатных технологий позволяет производить дешевые, тонкие, прозрачные, легкодеформируемые, биосовместимые и даже растворяющиеся со временем электронные устройства для мониторинга внешних воздействий и обработки полученной информации [2]. Развиваются и подходы для обработки аналитического сигнала. Для этого используются методы обработки многопараметрической информации: частичных наименьших квадратов, анализ главных компонент, регрессия главных компонент, искусственные нейронные сети (ИНС), хемометрические методы и другие варианты распознавания образцов. Подбор программного обеспечения для обработки данных сенсорной системы типа «электронный нос» способствует получению высокоточных результатов.

Наиболее часто в ЭН используются следующие типы сенсоров: металлооксидные, пьезокварцевые кристаллические, поверхностные акустические волновые, оптические сенсоры, а также сенсоры на основе проводящих полимеров, работающие на различных физических принципах – электропроводность, приращение массы, флуоресценция и др.

В обзоре [3] большое внимание уделено сравнению принципов работы сенсорных систем типа «электронный нос» в анализе жидких и газовых сред с традиционными методами химического анализа (хроматографического, кондуктометрического, потенциометрического, органолептического). В статье анализируются аналитические возможности определения токсичных веществ в воздушной среде при их малой концентрации методом мультисенсорной инверсионной вольтамперометрии в формате «электронный нос». Преимуществами сенсорного анализа типа «электронный нос» является высокая стабильность рабочих характеристик сенсоров, минимальное количество стадий аналитического процесса, малое время проведения анализа, что важно для обеспечения режима мониторинга.

Характеристика «электронного носа» во многом зависит от сенсорной части устройства. Используют различные способы детекции газов. Наиболее чувствительными сенсорами сорбционного типа в системах «электронный нос» являются пьезокварцевые высокочастотные микровесы с пределом детектирования 10^{-15} г. Такие ЭН пьезосорбционного типа нашли применение в анализе проб сложного переменного состава. В обзоре [4] рассмотрен метод обнаружения ионов наиболее распространенных тяжелых металлов с помощью оптических молекулярных детекторов.

За последние 10 лет в электронных каталогах научных статей было издано более 4000 публикаций с ключевым словосочетанием ЭН, которые используются во многих областях, но необходимо подчеркнуть важность по основным сферам их применения (рисунок 1).



Medicine|Food control|Environment|Agriculture|Science

Рисунок 1. Области и частота применения мультисенсорных систем типа «электронный нос», %
Figure 1. Areas and frequency of application of Multisensor systems such as "electronic nose", %

Рассмотрим особенности применения ЭН в указанный период. Применяют газовые мультисенсорные системы для изучения свойств тонких пленок и материалов, адсорбции [5] высокой чувствительностью прямого взвешивания сорбатов. Доказано, что сенсорные структуры на основе тонких пленок диоксида олова обладают высокой газочувствительностью и совокупностью параметров (быстродействие, стабильность характеристик, долговечность и др.), обеспечивающей возможность их практического применения в составе газоанализирующих приборов и системах распознавания сложных газовых смесей типа «электронный нос» [6].

Традиционно большое внимание системы «электронный нос» уделяют для решения задач анализа пищевых продуктов. Активно применяют

промышленные «электронные носы» марок FOX400 [7], GFR [8] и MAG-8 для решения задач установления порчи молока, мяса [9], анализа свежести круп [10], оценки качества вина [11], пива [12], определения сортовой принадлежности чая, кофе [13], масел [14], в фармацевтической промышленности, для анализа объектов окружающей среды и экологической безопасности [15], в сельском хозяйстве. В приведенных публикациях рассмотрено применение массивов сенсоров типа «электронный нос» для определения органических и неорганических соединений. Так, в работе [16] использовался массив из 8 сенсоров, модифицированный тонкими пленками сорбентов с различной полярностью и перекрестной чувствительностью к определяемым соединениям. В работе [17] проводили определение синтетических красителей с помощью пьезоэлектрических сенсоров на основе полимеров с молекулярными отпечатками (ПМО). Достоверность полученных результатов подтверждается сравнением со стандартными методиками (спектрофотометрия, тонкослойная хроматография) [17], традиционной органолептической оценкой [18].

По-прежнему приоритетной областью применения ЭН остается анализ пищевых продуктов, однако значительный интерес к этим системам проявляется в области медицины. За последние 10 лет произошел значительный прорыв в применении ЭН в медицине, что отражает динамика публикационной активности по этой тематике (рисунок 2).

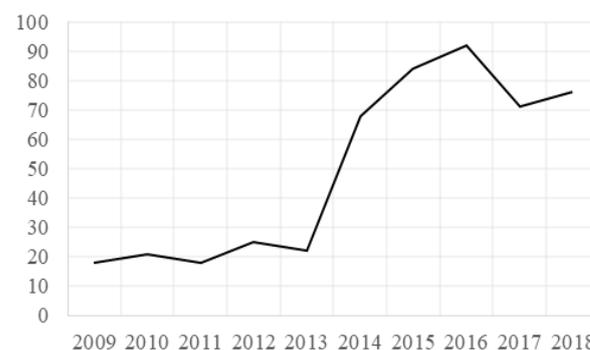


Рисунок 2. Применение ЭН в медицинской практике с 2009 по 2018 гг.

Figure 2. Using EN in medical practice.2009–2018

Задачи, которые решаются в медицине с помощью мультисенсорных систем, в основном предполагают диагностические решения. На рисунке 3 показана эффективность применения таких систем в медицинской практике.



Рисунок 3. Основные медицинские специальности, в которых применяется ЭН

Figure 3. The main medical specialties in which EN is applied

Наиболее перспективным направлением является внедрение в медицинскую практику современной и качественной диагностики заболеваний, которая является основой грамотного высококвалифицированного подхода к последующему лечению пациентов различного нозологического профиля [19]. Следует отметить, что инфекционные заболевания, злокачественные новообразования часто ассоциированы с метаболическими изменениями в организме, поэтому развиваются неинвазивные методы экспресс-диагностики и создаются портативные

подручные диагностические аппараты для практикующих врачей [20].

В настоящее время с помощью анализа выдыхаемого воздуха можно диагностировать заболевания бронхолегочной системы (ХОБЛ, бронхиальная астма), пищеварительной системы (гепатит, цирроз печени, колит), проводить неинвазивный контроль состояния здоровья и работоспособности человека, скрининг заболеваний по биопробам образцов сыворотки крови, заболеваний ИППП по составу равновесной газовой фазы над цервикальной слизью в формате «электронный нос».

Заключение

Сенсорная техника направлена не только на замену традиционных аналитических методов, но и раскрывает перспективы создания устройств для экспресс-метода определения компонентов в режиме реального времени. «Электронные носы» развиваются несмотря на скепсис и не понимание со стороны традиционных методов газового анализа. Наиболее широко системы с искусственным интеллектом применяются для решения задач пищевого анализа. Возросший интерес в последние 5 лет к этим системам и приборам проявляет медицинская диагностика, что связано с экономичностью, доступностью, возможностью неинвазивной диагностики. Особенно актуальны разработки в педиатрии: экспрессивность и точность измерения низких концентраций биомаркеров. Перспективными являются решения проблем идентификации запахов и строение «электронного носа» на базе нейронных сетей, а также расширение аналитических возможностей гибридных сенсорных массивов. Дальнейшее развитие направления по формированию интегрального «образа» объекта – получение информации об образце по некоторой части его свойств, с применением системы детекторов неселективных, перекрестно чувствительных к некоторым компонентам пробы.

Литература

- 1 Крылов В.В. Навигация в пространстве запахов с помощью мультисенсорного электронного носа // Датчики и системы. 2016. № 6. С. 3–13.
- 2 Бессонов А.А., Кирикова М.Н. Гибкие и печатаемые сенсоры // Российские нанотехнологии. 2015. Т. 10. № 3–4. С. 4–15.
- 3 Ганшин В.М., Доронин А.Н., Луковцев В.П., Луковцева Н.В. и др. Электрохимический датчик для интегрального определения токсичных веществ в формате «электронный нос» в режиме мониторинга // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки. 2017. № 4 (73). С. 100–108.
- 4 Углов А.Н., Аверин А.Д., Белецкая И.П. Оптические методы обнаружения ионов тяжелых металлов // Успехи химии. 2014. Т. 83. № 3. С. 196–224.
- 5 Кечкина Н.И., Зубков И.Л. Газоаналитические системы на основе твердотельных сенсоров // Инженерный вестник Дона. 2017. № 2 (45). С. 22.
- 6 Симаков В.В., Никитина Л.В., Синев И.В. Аппаратно-программный комплекс многопараметрического распознавания многокомпонентных газовых смесей на основе мультисенсорных микросистем // Башкирский химический журнал. 2010. Т. 17. № 5. С. 125–127.

- 7 Давыдова Р. Что нового в мире сенсорики! // Мясные технологии. 2013 № 3 (123). С. 58–59.
- 8 Moyano D.F., Rotello V.M. Nanoparticle-GFP “Chemical Nose” Sensor for Cancer Cell Identification // *Cellular and Subcellular Nanotechnology*. P. 1–8.
- 9 Чернуха И.М., Кузнецова Т.Г., Селиванова Е.Б., Богданова А.В. Контроль качества мяса с использованием мультисенсорной системы // Мясная индустрия. 2010. № 1. С. 20–22.
- 10 Мастихина А.Л., Семенова Е.А., Сумелиди Ю.О., Белецкий С.Л. и др. Изучение возможности применения мультисенсорной системы vocmeter для анализа свежести гречневой крупы // *Биотехносфера*. 2013. № 3 (27). С. 35–37.
- 11 Yu H., Dai X., Yao G., Xiao Z. Application of Gas Chromatography-Based Electronic Nose for Classification of Chinese Rice Wine by Wine Age // *Food Analytical Methods*. 2014. V. 7. P. 1489–1497.
- 12 Vera L., Aceña L., Guasch J., Boqué R. et al. Characterization and classification of the aroma of beer samples by means of an MS e-nose and chemometric tools // *Anal. Bioanal. Chem.* 2011. V. 399 № 10. P. 3633–3634. doi: 10.1007/s00216-010-4343-y
- 13 Острикова Е.А., Шевцов А.А., Шацкий В.П. Анализ аромата кофейных напитков специального назначения с использованием массчувствительного «электронного носа» // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2014. № 1–2 (40–41). С. 182–189.
- 14 Kadiroğlu P., Korel F. Chemometric studies on zNose™ and machine vision technologies for discrimination of commercial extra virgin olive oils // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2015. V. 92. № 9. P. 1235–1242.
- 15 Кучменко Т.А., Корчагин В.И., Дроздова Е.В., Ерофеева Н.В. и др. Оценка степени деструкции пленок из оксобиоразлагаемого полиэтилена под действием УФ-излучения по информации «электронного носа» // *Вестник Московского университета. Серия 2: Химия*. 2017. Т. 58. № 5. С. 240–249.
- 16 Кочетова Ж.Ю., Кучменко Т.А., Карлов П.А., Тимошинов О.В. Применение восьмисенсорного “электронного носа” для оценки загрязнения воды керосином и ацетоном // *Успехи современного естествознания*. 2017. № 11. С. 12–17.
- 17 Хальзова С.А., Кривоносова Д.А., Зяблов А.Н., Дуванова О.В. Определение синтетических красителей E102, E10, E122 и E124 в безалкогольных напитках модифицированных пьезосенсорами // *Аналитика и контроль*. 2017. Т. 21. № 2. С. 85–92.
- 18 Aceña L., Vera L., Guasch J. Chemical characterization of commercial Sherry vinegar aroma by headspace solidphase microextraction and gas chromatography olfactometry // *Agric Food Chem.* 2011. V. 59. № 8. P. 4062–4070.
- 19 Агейкин А.В., Колесова Е.В., Пронин И.А., Темников В.А. «электронный нос» как прорыв в неинвазивной диагностике заболеваний // *Молодой ученый*. 2015. № 23 (103). С. 308–309.
- 20 Сеницына О.В., Мешков Г.Б., Яминский И.В. «Электронный нос» для медицинских приложений: поиск новых материалов для сенсорных элементов // *Медицина и высокие технологии*. 2016. № 2. С. 40–44.

References

- 1 Krylov V.V. Navigation in the space of odors using a multi-sensory electronic nose. *Sensors and Systems*. 2016. no. 6. pp. 3–13. (in Russian).
- 2 Bessonov A.A., Kirikova M.N. Flexible and printable sensors. *Russian Nanotechnology*. 2015. vol. 10. no. 3–4. pp. 4–15. (in Russian).
- 3 Ganshin V.M., Doronin A.N., Lukovtsev V.P., Lukovtseva N.V. et al. Electrochemical sensor for integrated determination of toxic substances in electronic nose format in monitoring mode. *Bulletin of Moscow State Technical University. N.E. Bauman. Series: Natural Sciences*. 2017. no. 4 (73). pp. 100–108. (in Russian).
- 4 Angles A.N., Averin A.D., Beletskaya I.P. Optical methods for the detection of heavy metal ions. *Uspekhi khimii*. 2014. vol. 83. no. 3. pp. 196–224. (in Russian).
- 5 Kechkina N.I., Zubkov I.L. Gas analytical systems based on solid-state sensors. *Engineering Bulletin of the Don*. 2017. no. 2 (45). pp. 22. (in Russian).
- 6 Simakov V.V., Nikitina L.V., Sinev I.V. Hardware-software complex for multi-parameter recognition of multi-component gas mixtures based on multi-sensor microsystems. *Bashkir Chemical Journal*. 2010. vol. 17. no. 5. pp. 125–127. (in Russian).
- 7 Davydova R. What's new in the world of sensory! *Meat technology*. 2013 no. 3 (123). pp. 58–59. (in Russian).
- 8 Moyano D.F., Rotello V.M. Nanoparticle-GFP “Chemical Nose” Sensor for Cancer Cell Identification. *Cellular and Subcellular Nanotechnology*. pp. 1–8.
- 9 Chernukha I.M., Kuznetsova T.G., Selivanova E.B., Bogdanova A.V. Meat quality control using a multisensory system. *Meat industry*. 2010. no. 1. pp. 20–22. (in Russian).
- 10 Mastikhina A.L., Semenova E.A., Sumelidi Yu.O., Beletsky S.L. et al. Studying the possibility of using the multisensor vocmeter system for analyzing the freshness of buckwheat. *Biotechnosphere*. 2013. no. 3 (27). pp. 35–37. (in Russian).
- 11 Yu H., Dai X., Yao G., Xiao Z. Application of Gas Chromatography-Based Electronic Nose for Classification of Chinese Rice Wine by Wine Age. *Food Analytical Methods*. 2014. vol. 7. pp. 1489–1497.
- 12 Vera L., Aceña L., Guasch J., Boqué R. et al. Characterization and classification of the aroma of beer samples by means of an MS e-nose and chemometric tools. *Anal. Bioanal. Chem.* 2011. vol. 399 no. 10. pp. 3633–3634. doi: 10.1007/s00216-010-4343-y
- 13 Ostriкова Е.А., Shevtsov A.A., Shatsky V.P. The analysis of the aroma of specialty coffee drinks using a mass-sensitive “electronic nose”. *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. 2014. no. 1–2 (40–41). pp. 182–189. (in Russian).
- 14 Kadiroğlu P., Korel F. Chemometric studies on zNose™ and machine vision technologies for discrimination of commercial extra virgin olive oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2015. vol. 92. no. 9. pp. 1235–1242.
- 15 Kuchmenko T.A., Korchagin V.I., Drozdova E.V., Erofeeva N.V. et al. Assessment of the degree of destruction of films of oxobiodegradable polyethylene under the influence of UV radiation according to the “electronic nose”. *Bulletin of Moscow University. Series 2: Chemistry*. 2017. vol. 58. no. 5. pp. 240–249. (in Russian).

16 Kochetova Zh.Yu., Kuchmenko T.A., Karlov P.A., Timoshinov O.V. The use of an eight-sensor "electronic nose" for assessing water pollution with kerosene and acetone. *Successes in Modern Natural Sciences*. 2017. no. 11. pp. 12–17. (in Russian).

17 Halzova S.A., Krivososova D.A., Zyablov A.N., Duvanova O.V. Determination of synthetic dyes E102, E10, E122 and E124 in soft drinks with modified piezosensors. *Analytics and Control*. 2017. vol. 21. no. 2. pp. 85–92. (in Russian).

18 Aceña L., Vera L., Guasch J., Chemical characterization of commercial Sherry vinegar aroma by headspace solidphase microextraction and gas chromatography olfactometry. *Agric Food Chem*. 2011. vol. 59. no. 8. pp. 4062–4070.

19 Ageikin A.V., Kolesova E.V., Pronin I.A., Temnikov V.A. "Electronic nose" as a breakthrough in the non-invasive diagnosis of diseases. *Young scientist*. 2015. no. 23 (103). pp. 308–309. (in Russian).

20 Sinitsyna O.V., Meshkov G.B., Yaminsky I.V. "Electronic nose" for medical applications: the search for new materials for sensory elements. *Medicine and High Technologies*. 2016. no. 2. pp. 40–44. (in Russian).

Сведения об авторах

Лариса Б. Новикова аспирант, кафедра физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, larisa-alina@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7812-9195>

Татьяна А. Кучменко д.х.н., профессор, кафедра физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, tak1907@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9372-8038>

Вклад авторов

Лариса Б. Новикова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Татьяна А. Кучменко консультация в ходе исследования

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Larisa B. Novikova graduate student, physical and analytical chemistry department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, larisa-alina@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7812-9195>

Tatiana A. Kuchmenko Dr. Sci. (Chem.), professor, physical and analytical chemistry department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, tak1907@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9372-8038>

Contribution

Larisa B. Novikova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Tatiana A. Kuchmenko consultation during the study

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 02/08/2019

После редакции 20/08/2019

Принята в печать 03/09/2019

Received 02/08/2019

Accepted in revised 20/08/2019

Accepted 03/09/2019
