

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 01.4.002.92
по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на
соискание ученой степени доктора наук, созданного на базе Федерального
государственного бюджетного учреждения науки Института общей и
неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук
(ИОНХ РАН)

Решение диссертационного совета от «10» октября 2023 г.,
протокол №92.3

о присуждении **Силиной Юлии Евгеньевне**, гражданке РФ, ученой степени
доктора химических наук

Диссертация **Силиной Юлии Евгеньевны «Микроаналитические
тест-средства на основе наноструктурированных органо-неорганических
гибридных пленок»** по специальности 1.4.2 – Аналитическая химия принята
к защите диссертационным советом «20» июня 2023 г., протокол №92.2.

Соискатель Силина Юлия Евгеньевна, 1980 года рождения, в 2003 году
окончила факультет Экологии и Химической технологии Воронежского
государственного университета инженерных технологий. В 2005 году
защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических
наук по теме «Определение летучих компонентов строительных материалов в
воздухе помещений с применением масс-метрических преобразователей»
(специальность 02.00.02 – аналитическая химия) на диссертационном совете
при Саратовском Государственном Университете им. Чернышевского. В
настоящее время соискатель работает в Университете Заарланда на кафедре
биохимии в должности руководителя научной группы.

Диссертация выполнена в лаборатории электродных процессов в
жидкостных системах отдела функциональных материалов для химических
источников энергии Федерального исследовательского центра проблем
химической физики и медицинской химии РАН (ФИЦ ПХФ и МХ РАН),
г. Черноголовка.

Научный консультант: доктор химических наук, главный научный сотрудник, и.о. заведующего лабораторией электродных процессов в жидкостных системах отдела функциональных материалов для химических источников энергии ФИЦ ПХФ и МХ РАН Золотухина Екатерина Викторовна.

Официальные оппоненты:

доктор химических наук, профессор Евтюгин Геннадий Артурович, заведующий кафедрой аналитической химии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;

доктор технических наук, профессор Зуев Борис Константинович, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук;

доктор химических наук Вирюс Эдуард Даниэлевич, ведущий научный сотрудник лаборатории регуляции агрегатного состояния крови Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ им. М.В. Ломоносова) в своем положительном заключении, подписанном заведующим кафедрой аналитической химии Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова д.х.н., проф. Проскурниным М.А., заместителем декана Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова д.х.н., проф. Зверевой М.Э. и утвержденном проректором МГУ им. М.В. Ломоносова д.ф.-м.н. Федяниным А.А., указала, что диссертационная работа Силиной Юлии Евгеньевны по актуальности решаемых проблем, новизне, объему проведенных исследований, уровню их обсуждения, научной и практической

значимости соответствует паспорту специальности 1.4.2. - Аналитическая химия, отвечает критериям, указанным в пунктах 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 и пунктах 2.1-2.5 «Положения о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии Наук» от 11 мая 2022 г., а ее автор заслуживает присуждения искомой степени.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывался профилем их специализации, близкой к теме диссертации, наличием публикаций в рецензируемых научных изданиях по теме диссертации, что позволило им дать объективную оценку всех аспектов диссертационной работы.

На автореферат поступило 8 отзывов от следующих организаций:

- 1) ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» (Небольсин В.А., д.т.н., доцент, декан факультета радиотехники и электроники);
- 2) ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (Нифталиев С.И., д.х.н., профессор, зав. кафедрой неорганической химии и химической технологии);
- 3) ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя РФ генерала армии Е.Н. Зиничева» (Калач А.В., д.х.н., профессор, главный научный сотрудник);
- 4) ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» (Русанова Т.Ю., д.х.н., доцент, зав. кафедрой аналитической химии и химической экологии);
- 5) ФГБУН Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии

наук (Гречников А.А., д.х.н., заведующий лабораторией инструментальных методов и органических реагентов);

6) ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (Мокшина Н.Я., д.х.н., доцент, профессор кафедры физики и химии);

7) ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» (Бутырская Е.В., д.х.н., профессор, профессор кафедры аналитической химии);

8) ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет» (Ермолаева Т.Н., д.х.н., профессор, профессор кафедры химии);

Все отзывы положительные. В поступивших отзывах отмечена новизна, актуальность, теоретическая и практическая значимость полученных результатов диссертационной работы. Замечания носят частный и дискуссионный характер и не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы и ее соответствие критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук.

Соискатель имеет 67 опубликованных статей, в том числе 42 работы по теме диссертации, из них 38 статей, опубликованных в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, утвержденный Ученым советом ИОНХ РАН, для опубликования основных научных результатов диссертации, представленных для защиты в диссертационные советы ИОНХ РАН, и 12 патентов РФ.

Статьи:

1. Silina Y.E., Fink-Straube C., Koch M., Zolotukhina E.V. A rapid *in vitro* electrochemical screening of extracellular matrix of *Saccharomyces cerevisiae* by palladium nanoparticles-modified electrodes // Bioelectrochemistry. 2023. V. 149. P. 108283. <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2022.108283>
2. Koch M., Katsen-Globa A., Zolotukhina E.V., Silina Y.E. Testing of yeast cells damage using hydrogen peroxide spiking and Pd-NPs-based electrodes and impact of oxidoreductase presence on electrochemical read-out // Biochemical Engineering Journal. 2023. V. 195. P. 108908. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2023.108908>

3. Zolotukhina E.V., Butyrskaya E.V., Koch M., Herbeck-Engel P., Levchenko M.G., Silina Y.E. First principles of hydrazine electrooxidation at oxides-free and oxides-based palladium electrodes in complex media // *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2023. V. 25. P. 9881 – 9893. <https://doi.org/10.1039/D3CP00829K>
4. Zolotukhina E.V., Katsen-Globa A., Koch M., Fink-Straube C., Sukmann T., Levchenko M.G., Silina Y.E. The development of alginate-based amperometric nanoreactors for biochemical profiling of living yeast cells // *Bioelectrochemistry*. 2022. V. 145. P. 108082. <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2022.108082>
5. Apushkinskaya N., Zolotukhina E.V., Butyrskaya E.V., Silina Y.E. *In situ* modulation of enzyme activity via heterogeneous catalysis utilizing solid electroplated cofactors // *Computational and Structural Biotechnology Journal*. 2022. V. 20. P. 3824 – 3832. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2022.07.012>
6. Koch M., Apushkinskaya N., Zolotukhina E.V., Silina Y.E. Towards hybrid One-pot/One-electrode Pd-NPs-based Nanoreactors for Modular Biocatalysis // *Biochemical Engineering Journal*. 2021. V. 175. P. 108132. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2021.108132>
7. Butyrskaya E.V., Korkmaz N., Zolotukhina E.V., Krasiukova V., Silina Y.E. Mechanistic aspects of functional layer formation in hybrid one-step designed GOx/Nafion/Pd-NPs nanobiosensors // *Analyst*. 2021. V. 146. P. 2172 – 2185. <https://doi.org/10.1039/D0AN02429E>
8. Silina Y.E., Apushkinskaya N., Talagaeva N.V., Levchenko M.G., Zolotukhina E.V. Electrochemical operational principles and analytical performance of Pd-based amperometric nanobiosensors // *Analyst*. 2021. V. 146. P. 4873 – 4882. <https://doi.org/10.1039/D1AN00882J>
9. Silina Y.E., Morgan B. LDI-MS Scanner: Laser Desorption Ionization Mass Spectrometry-based biosensor standardization // *Talanta*. 2021. V. 223. P. 121688. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.121688>
10. Katsen-Globa A., Schulz A., Pütz N., Koch M., Kohl Y., Schneider-Ickert A.W., Velten T., Silina Y.E. Toward Alginate-Based Membrane Technology for High Performance Recovery of Heavy Metals in Cells // *ACS Appl. Bio Mater.* 2021. V. 4. P. 2558 – 2569. <https://doi.org/10.1021/acsabm.0c01559>
11. Korkmaz N., Hwang C., Kessler K.K., Silina Y.E., Müller L., Park J. A novel copper (II) binding peptide for a colorimetric biosensor system design // *Talanta*. 2021. V. 232. P. 122439. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2021.122439>
12. Semenova D., Gernaey K.V., Morgan B., Silina Y.E. Towards one-step design of tailored enzymatic nanobiosensors // *Analyst*. 2020. V. 145. P. 1014 – 1024. <https://doi.org/10.1039/C9AN01745C>
13. Nebol'sin V.A., Galstyan V., Silina Y.E. Graphene Oxide and its Chemical Nature: Multi-Stage Interactions between the Oxygen and Graphene, *Surfaces and*

- Interfaces* // 2020. V. 21. P. 100763. <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2020.100763>
14. Pontius K., Semenova D., Silina Y.E., Gernaey K.V., Junicke H. Automated electrochemical glucose biosensor platform as an efficient tool towards on-line fermentation monitoring: novel application approaches and insights // *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2020. V. 21. P. 436. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00436>
15. Silina Y.E., Gernaey K.V., Semenova D., Iatsunskyi I. Application of Organic-Inorganic Hybrids in Chemical Analysis, Bio-and Environmental Monitoring // *Appl. Sci.* 2020. V. 10. P. 1458. <https://doi.org/10.3390/app10041458>
16. Semenova D., Silina Y.E. The Role of Nanoanalytics in the Development of Organic-Inorganic Nanohybrids – Seeing Nanomaterials as They Are // *Nanomaterials*. 2019. V. 9 (№ 12). P. 1673. <https://doi.org/10.3390/nano9121673>
17. Silina Y.E., Semenova D., Spiridonov B.A. One-step encapsulation, storage and controlled release of small molecular weight organic compounds via electroplated nanoparticles // *Analyst*. 2019. V. 144. P. 5677 – 5681. <https://doi.org/10.1039/C9AN01246J>
18. Silina Y.E., Koch M., Herbeck-Engel P., Iatsunskyi I. Exploring the Potential of High Resolution Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry towards non-Destructive Control and Validation of Electroless Gold Nanoparticles onto Silicon Nanowires Hybrids // *Anal. Methods*. 2019. V. 11. P. 3987 – 3995. <https://doi.org/10.1039/C9AY01182J>
19. Semenova D., Silina Y.E., Koch M., Micheli L., Zubov A., Gernaey K.V. Sensors for biosensors: a novel tandem monitoring in a droplet towards efficient screening of robust design and optimal operating conditions // *Analyst*. 2019. V. 144. P. 2511 – 2522. <https://doi.org/10.1039/C8AN02261E>
20. Semenova D., Gernaey K., Silina Y.E. Exploring the potential of electroless and electroplated noble metal-semiconductor hybrids within bio-and environmental sensing // *Analyst*. 2018. V. 143. P. 5646 – 5669. <https://doi.org/10.1039/C8AN01632A>
21. Semenova D., Silina Y.E. Exploring the Potential of Electroplated Chips towards Biomedical Sensing and Diagnostics // *Proceedings MDPI*. 2018. V. 2, P. 817. <https://doi.org/10.3390/proceedings2130817>
22. Semenova D., Zubov A., Silina Y.E., Micheli L., Koch M., Fernandes A.C., Gernaey K.V. Mechanistic modeling of cyclic voltammetry: a helpful tool for understanding biosensor principles and supporting design optimization // *Sens. Actuators B Chem.* 2018. V. 259. P. 945 – 955. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.12.088>
23. Silina Y.E., Koch M., Herbeck-Engel P., Fink-Straube C. Multi-dimensional hydroxyapatite microspheres as a filling material of minicolumns for effective

- removal at trace level of noble and non-noble metals from aqueous solutions // *J. Environ. Chem. Eng.*, 2018. V. 6. P. 1886 – 1897. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.02.044>
24. *Silina Y.E.*, Tillotson J.R., Manz A. Storage and controlled release of fragrances maintaining a constant ratio of volatile compounds // *Anal. Methods*. 2017. V. 9. P. 6073 – 6082. <https://doi.org/10.1039/C7AY01799E>
25. *Silina Y.E.*, Herbeck-Engel P., Koch M. A study of enhanced ion formation from metal-semiconductor complexes in atmospheric pressure laser desorption/ionization mass spectrometry // *J. Mass Spectrom.* 2017. V. 52. P. 43 – 53. <https://doi.org/10.1002/jms.3898>
26. *Silina Y.E.*, Jung J., Kraegeloh A., Koch M., Fink-Straube C. Interactions between DPPC as a component of lung surfactant and amorphous silica nanoparticles investigated by HILIC-ESI-MS // *J. Chromatogr. B*. 2016. V. 1030. P. 222 – 229. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2016.07.014>
27. *Silina Y.E.*, Fink-Straube C., Peuschel H., Hanselmann R.G., Volmer D.A. *p*-Coumaric acid, a novel and effective biomarker for quantifying hypoxic stress by HILIC-ESI-MS // *J. Chromatogr. B*. 2016. V. 1020. P. 6 – 13. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2016.03.005>
28. Peuschel H., Ruckelshausen T., Kiefer S., *Silina Y.E.*, Kraegeloh A. Penetration of CdSe/ZnS quantum dots into differentiated vs undifferentiated Caco-2 cells // *J. Nanobiotech.* 2016. V. 17. P. 70. <https://doi.org/10.1186/s12951-016-0222-9>
29. *Silina Y.E.*, Kuchmenko T.A., Koch M. Nanoporous anodic aluminum oxide films for UV/Vis detection of noble and non-noble metals // *Anal. Method*. 2016. V. 8. P. 45 – 51. <https://doi.org/10.1039/C5AY02498F>
30. Wu W., Guijt R.M., *Silina Y.E.*, Koch M., Manz A. Plant leaves as templates for soft lithography // *RSC Advances*. 2016. V. 6. P. 22469 – 22475. <https://doi.org/10.1039/C5RA25890A>
31. *Silina Y.E.*, Koch M., Volmer D.A. Influence of surface melting effects and availability of reagent ions on LDI-MS efficiency after UV-laser irradiation of Pd nanostructures // *J. Mass Spectrom.* 2015. V. 50. P. 578 – 585. <https://doi.org/10.1002/jms.3564>
32. *Silina Y.E.*, Kuchmenko T.A., Volmer D.A. Sorption of hydrophilic dyes on anodic aluminum oxide films and application to pH sensing // *Analyst*. 2015. V. 140. P. 771 – 778. <https://doi.org/10.1039/C4AN00806E>
33. *Silina Y.E.*, Fink-Straube C., Hayen H., Volmer D.A. Analysis of fatty acids and triacylglycerides by Pd nanoparticle-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry // *Anal. Methods*. 2015. V. 7. P. 3701 – 3707. <https://doi.org/10.1039/C5AY00705D>

34. *Silina Y.E.*, Koch M., Volmer D.A. Impact of analyte ablation rate and surface acidity of Pd nanoparticles on laser desorption/ionization efficiency // *Int. J. Mass Spectrom.* 2015. V. 387. P. 24 – 30. <https://doi.org/10.1016/j.ijms.2015.06.009>
35. *Silina Y.E.*, Koch M., D.A. Volmer. The role of physical and chemical properties of Pd nanostructured materials immobilized on inorganic carriers on ion formation in atmospheric pressure laser desorption/ionization mass spectrometry // *J. Mass Spectrom.*, 2014. V. 49. P. 468 – 480. <https://doi.org/10.1002/jms.3362>
36. *Silina Y.E.*, Meier F., Nebolsin V.A., Koch M., Volmer D.A. Novel galvanic nanostructures of Ag and Pd for efficient laser desorption/ionization of low molecular weight compounds // *J. Am. Soc. Mass Spectrom.* 2014. V. 25. P. 841 – 850. <https://doi.org/10.1007/s13361-014-0853-8>
37. *Silina Y.E.*, Volmer D.A. Nanostructured solid substrates for efficient laser desorption/ionization mass spectrometry (LDI-MS) of low molecular weight compounds, *Analyst*. 2013. V. 138. P. 7053 – 7065. <https://doi.org/10.1039/C3AN01120H>
38. Силина Ю.Е., Спиридовон Б.А., Битюцких М.Ю. Сорбционное извлечение Cu (II) и Co (II) модифицированным композитом на основе нанопористого оксида алюминия // Вестник ВГУИТ. 2013. №3. С. 138 – 142. DOI:10.20914/2310-1202-2013-3-138-142
39. Силина Ю.Е., Кучменко Т.А., Коренман Я.И. Парофазная модификация пьезокварцевых микровесов // Конденсированные среды и межфазные границы. 2012. Т. 14. № 1. С. 90 – 95. http://www.kcmf.vsu.ru/resources/t_14_1_2012_014.pdf
40. Силина Ю.Е., Спиридовон Б.А., Кучменко Т.А., Умарханов Р.У. Исследование морфологии поверхности ультрадисперсных электролитических пленок серебра и палладия и возможности их применения для модификации пьезорезонаторов. // Конденсированные среды и межфазные границы. 2011. Т. 13. № 1. С. 89 – 95. http://www.kcmf.vsu.ru/resources/t_13_1_2011_014.pdf
41. Силина Ю.Е., Спиридовон Б.А., Горшунова В.П., Кучменко Т.А., Умарханов Р.У. Сорбция паров амиака тонкими пленками специфических реагентов // Сорбционные и хроматографические процессы. 2011. Т. 11. №3. С. 422 – 431. http://www.chem.vsu.ru/sorbcr/images/pdf/2011/3/2011_03_18.pdf
42. Силина Ю.Е., Спиридовон Б.А., Горшунова В.П., Кучменко Т.А. Определение общей кислотности газовой фазы тест-полосками на основе нанопористого оксида алюминия // Аналитика и контроль. 2011. Т. 15. № 3. С. 324 – 331. <https://elar.urfu.ru/handle/10995/42501>.

Патенты:

1. Силина Ю.Е., Кучменко Т.А., Коренман Я.И., Способ определения анилина, о-нитроанилина, и о-толуидина в воздухе, Патент РФ № 2247364, 2004, опубл. 10.03.05, Бюл. № 6.
2. Силина Ю.Е., Кучменко Т.А., Коренман Я.И., Способ скрининг-оценки уровня загрязнения воздуха легколетучими соединениями строительных материалов, Патент РФ № 2253107, 2005, опубл. 27.05.05, Бюл. № 15.
3. Силина Ю.Е., Коренман Я.И., Кучменко Т.А., Демин А.К., Выбор оптимальных модификаторов электродов пьезокварцевых резонаторов на основе кинетических и количественных критерииов сорбции легколетучих соединений, Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2005610162 РФ, зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 14.01.05.
4. Силина Ю.Е., Кучменко Т.А., Коренман Я.И., Способ модификации электродов пьезокварцевого резонатора. Патент РФ № 2259007, 2005, Н03 Н3/007, № 23.
5. Кучменко Т.А., Кочетова Ж.Ю., Силина Ю.Е., Коренман Я.И., Способ определения микроконцентраций сероводорода в потоке инертного газа, Патент РФ № 2303239, 2007, опубл. 20.07.2007, Бюл. № 20.
6. Кучменко Т.А., Кочетова Ж.Ю., Силина Ю.Е., Коренман Я.И., Газоанализатор с открытым входом на основе пьезосенсоров, Патент РФ № 2302627, 2007, опубл. 10.07.2007. Бюл. № 19.
7. Цивилева О.М., Никитина В.Е., Кучменко Т.А., Силина Ю.Е., Панкратов А.Н., Биомодификатор для определения фенола и его производных, Патент РФ № 234605, 2009, опубл. 02.10 2009.
8. Силина Ю.Е., Кучменко Т.А., Способ определения микроконцентраций паров аммиака в воздухе, Патент РФ № 2328732, 2008, опубл. 20.03.2008. Бюл. № 8.
9. Кучменко Т.А., Силина Ю.Е., Атискова И.Ю., Джурбаева И.С., Способ неинвазивной диагностики инфекции *Helicobacter pylori*, Патент РФ № 2325845, 2008, опубл. 10.06.2008. Бюл. № 16.
10. Горшунова В.П., Силина Ю.Е., Спиридовон Б.А., Федягин В.И. Способ формирования тест-устройства для определения pH во влажном воздухе, Патент РФ № 2445617, 2012, опубл. 20.03.2012, Бюл. № 8.
11. Кучменко Т.А., Силина Ю.Е., Ю.Н. Шогенов, Новый способ тест-идентификации многокомпонентных газовых смесей бензола, толуола, фенола, формальдегида, ацетона и аммиака, Патент РФ № 2456590(19), 2012, опубл. 20.07.2012, Бюл. №45.

12. Кучменко Т.А., Е.В. Дроздова, Ж.Ю. Кочетова, Силина Ю.Е. Миниатюрное устройство для экспресс-оценки качества моторных масел, Патент РФ № 2595811, 2016, опубл. 27.08.2016, Бюл. № 24.

Количество цитирований основных публикаций по теме диссертации (и в скобках всего) в международных базах данных Web of Science **457 (611)**, Scopus **485 (611)**, РИНЦ **268(338)**.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Разработан новый одностадийный метод электрохимического синтеза наноструктурированных ОНГ пленок из смешанных растворов электролитов, позволяющий в одной процедуре гальвансстической поляризации осадить все компоненты ОНГ в нужную структуру слоя и получать ОНГ пленки с воспроизводимой морфологией и свойствами.

2. Разработаны оригинальные методические подходы к оценке стабильности и однородности распределения компонентов в осаждаемом слое («химического профиля») синтезируемых ОНГ пленок, определение состава и структуры которых другими методами невозможны или затруднены.

3. Установлены и систематизированы факторы, обуславливающие отклик микроаналитических систем на основе полученных ОНГ пленок с наночастицами благородных металлов (амперометрические биосенсоры, мишени-эмиттеры ионов в методе SALDI-MS); показано, как условия синтеза, химический состав и морфология наноструктурированного ОНГ слоя влияют на тип выходного сигнала.

4. Показана применимость различных вариантов разработанных ОНГ функциональных пленок в микроаналитических приложениях: разработаны одноканальные амперометрические биосенсоры модульного типа для анализа L-лактата, D-глюкозы, пероксида водорода и глутарового альдегида; предложен подход к гетерогенной *in situ* модуляции свойств апо-ферментов на поверхности электродов с иммобилизованными кофакторами; показана принципиальная возможность формирования однородных полимерных

сорбентов на поверхности пьезокварцевых микровесов; доказана эффективность работы биосенсоров на основе ОНГ пленок с иммобилизованными оксидазами для электрохимического определения глюкозы, низших спиртов, лактата и пероксида водорода без вымывания водорастворимых ферментов.

Теоретическая и практическая значимость работы определяется тем, что в ходе ее выполнения развито новое направление, заключающееся в научно обоснованном подходе к дизайну тест-устройств на основе самоорганизующихся ОНГ пленок путем направленного изменения их структуры и свойств под требования конкретной аналитической задачи и типа измерительной платформы (биосенсоры, мишени-эмиттеры ионов). Предложенный механизм взаимодействия компонентов в растворе смешанного электролита и последовательность соосаждения позволяет объяснить структуру ОНГ слоя на электроде, которая важна при оценке электроаналитических свойств таких пленок в биосенсорах.

Установлена связь эффективности ионизации в методе SALDI-MS с использованием ОНГ пленок на основе наночастиц благородных металлов с эффектами их реструктуризации, поверхностной кислотностью/основностью, размерным фактором, теплопроводностью, а также присутствием и доступностью ионов реагентов/функциональных групп. Установлена взаимосвязь между эффективностью процессов лазерной десорбции ионизации в методе SALDI-MS и электрокаталитической активностью электродов на основе ОНГ пленок.

Найденные в работе закономерности физико-химических процессов, происходящих при синтезе, эксплуатации и формировании сигнала с поверхности тест-систем на основе ОНГ пленок, позволили разработать несколько оригинальных аналитических приложений, в т.ч. способ *in situ* модификации структуры апо-ферментов в капле раствора непосредственно на электродах за счет реакции с иммобилизованным кофактором, *in vitro* способ электрохимического профилирования клеток *Saccharomyces cerevisiae*, способ

контролируемого формирования функциональной полимерной пленки на поверхности пьезокварцевых микровесов, а также создать целый спектр индивидуальных SALDI и гибридных MALDI/SALDI мишней-эмиттеров ионов для скоростной масс-спектрометрии.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: результаты работы получены с привлечением современных физико-химических методов анализа, на сертифицированном оборудовании, не противоречат известным из научно-технической литературы данным для аналогичных систем, прошли неоднократную апробацию на международных конференциях и рецензирование в профильных научных журналах; использованы классические теоретические и экспериментальные подходы к описанию и анализу результатов; статистический анализ и интерпретация полученных результатов проведены с использованием современных методов обработки информации.

Личное участие диссертанта заключается в постановке задач, разработке методических подходов, получении или непосредственном участии в получении всех экспериментальных результатов, представленных в диссертации, обработке и интерпретации полученных данных, обобщении материала. Личный вклад автора в работы, выполненные в соавторстве и включенные в диссертацию, состоит в формировании научного направления, постановке задач, разработке подходов к их решению, планированию экспериментов, интерпретации данных и обобщению результатов, подготовке материалов к публикации (от идеи статей до их написания и редактуры).

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 1.4.2 – Аналитическая химия (отрасль науки – химические) в пунктах: 1. Теория методов аналитической химии; 2. Методы химического анализа (химические, физико-химические, атомная и молекулярная спектроскопия, хроматография, рентгеновская спектроскопия, масс-спектрометрия, ядерно-физические методы и др.); 3. Аналитические приборы; 10. Анализ органических веществ и материалов.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Силиной Юлии Евгеньевны на соискание ученой степени доктора химических наук является научно-квалификационной работой, в которой решена важная научная проблема современной аналитической химии, связанная с разработкой новых подходов к созданию микроаналитических тест-средств на основе гибридных ОНГ пленок для экспресс-определения низкомолекулярных физиологически важных веществ.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Комплексный методический подход к аттестации состава и структуры ОНГ пленок, содержащих неорганический и биополимерный компоненты.

2. Метод регистрации электро-аналитических сигналов с поверхности разработанных нанобиосенсоров, позволяющий подавить перекрестную чувствительность наночастиц в составе ОНГ пленки к кислороду.

3. Механизм формирования аналитического сигнала в методе SALDI-MS с поверхности электроосажденных пленок включает стадии реорганизации их поверхности и высвобождения ионов-реагентов при действии лазера.

4. Совокупность способов экспрессного электрохимического и масс-спектрометрического определения низкомолекулярных биомолекул, имеющих важное физиологическое значение.

В диссертации Силиной Юлии Евгеньевны соблюдены установленные пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 18.03.2023), и пп. 2.1-2.5 «Положения о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт

общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук» от 11 мая 2022 г. критерии, которым должна соответствовать диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук, а ее автор Силина Юлия Евгеньевна, заслуживает присуждения ей ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.2 – Аналитическая химия (химические науки).

На заседании 10 октября 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Силиной Юлии Евгеньевне ученую степень доктора химических наук по специальности 1.4.2 – Аналитическая химия.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **14** человек, из них **13** докторов наук, специалистов по теме диссертации, участвующих в заседании, из **14** человек, входящих в состав совета (дополнительно введены на разовую защиту **0 (ноль)** человек), проголосовали: «за» – **14**, «против» – **0**, недействительных бюллетеней – **нет**. Протокол счетной комиссии №92.3а.

Председатель диссертационного совета
д.ф.-м.н.



М.Н. Филиппов

Ученый секретарь диссертационного совета
к.т.н.



М.С. Доронина

10.10.2023