

Заключение диссертационного совета МГУ.014.4  
по диссертации на соискание ученой степени доктора наук  
Решение диссертационного совета от «14» февраля 2023 г. № 77  
о присуждении Балабушевич Надежде Георгиевне, гражданину РФ,  
ученой степени доктора химических наук.

Диссертация «Микрокапсулирование белков с использованием наноструктурированных матриц и послойной адсорбции полиэлектролитов», по специальности 1.5.6 – «Биотехнология» принята к защите диссертационным советом «2» декабря 2022 года, протокол № 75.

Соискатель Балабушевич Надежда Георгиевна 1960 года рождения в 1990 г. защитила кандидатскую диссертацию по теме «Исследование методов выделения и разработка технологии получения поливалентного ингибитора протеиназ медицинского назначения из полупродуктов производства инсулина» в диссертационном совете Д.053.05.76 при Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова по специальности «03.00.23- биотехнология». С 1991 г. по настоящее время Балабушевич Н.Г. работает на кафедре химической энзимологии химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», с 2003 г. - в должности старшего научного сотрудника. В 2009 г. Балабушевич Н.Г. присвоено ученое звание доцента по специальности «биотехнология». Под руководством соискателя защищено 4 кандидатские диссертации, из них - 2 по теме докторской диссертации.

Диссертация выполнена на кафедре химической энзимологии химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Научный консультант: Клячко Наталья Львовна, профессор, доктор химических наук, заведующая кафедрой химической энзимологии химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Официальные оппоненты:

Варламов Валерий Петрович, доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории инженерии биополимеров Института биоинженерии имени К.Г. Скрябина Федерального исследовательского центра "Фундаментальные основы биотехнологии" Российской академии наук;

Мелик-Нубаров Николай Сергеевич, доктор химических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией функциональных полимеров и полимерных материалов кафедры высокомолекулярных соединений химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования МГУ имени М.В. Ломоносова;

Кусков Андрей Николаевич, доктор химических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии химико-фармацевтических и косметических средств факультета химико-фармацевтических технологий и биомедицинских препаратов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 90 научных статей и 5 патентов, в том числе по теме диссертации 1 патент и 46 научных статей, в том числе 39 статей в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus и рекомендованных для защиты в диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности 1.5.6 – «Биотехнология».

Перечень основных публикаций:

Статьи в журналах 1-го квартала

1. Mikhalchik E.V., Basyreva L.Yu., Gusev S.A., Panasenko O.M., Klinov D.V., Barinov N.A., Morozova O.V., Moskalets A.P., Maltseva L.N., Filatova L.Y., Pronkin E.A., Bespyatykh J.A., **Balabushevich N.G.** Activation of neutrophils by mucin-vaterite microparticles // International Journal of Molecular Sciences 2022. V. 23(18). 10579. P. 1-16 (**IF 6,208**, Q1).
2. **Balabushevich N.G.**, Kovalenko E.A., Filatova L.Y., Kirzhanova E.A., Mikhalchik E.V., Volodkin D., Vikulina A.S. Hybrid mucin-vaterite microspheres for delivery of proteolytic enzyme chymotrypsin // Macromolecular Bioscience 2022. 2200005. P. 1-8 (**IF 5,859**, Q1).
3. **Balabushevich N.G.**, Kovalenko E.A., Maltseva L.N., Filatova L.Y., Moysenovich A.V., Mikhalchik E.V., Volodkin D., Vikulina A.S. Immobilisation of antioxidant enzyme catalase on porous hybrid microparticles of vaterite with mucin // Advanced Engineering Materials 2022. 2101797. P. 1-9 (**IF 4,122**, Q1).
4. Mikhalchik E.V., Ivanov V.A., Borodina I.V., Pobeguts O.V., Smirnov I.P., Gorudko I.V., Grigorieva D.V., Boychenko O.P., Moskalets A.P., Klinov D.V., Panasenko O.M., Filatova L.Y., Kirzhanova E.A., **Balabushevich N.G.** Neutrophil activation by mineral microparticles coated with methylglyoxal-glycated albumin // International Journal of Molecular Sciences 2022. V. 23(14). 7840. P. 1-14 (**IF 6,208**, Q1).
5. Feoktistova N.A., Vikulina A.S., **Balabushevich N.G.**, Skirtach A., Volodkin D. Bioactivity of catalase loaded into vaterite CaCO<sub>3</sub> crystals via adsorption and co-synthesis // Materials and Design 2020. V. 185. 108223. P. 1-9 (**IF 8,09**, Q1).
6. Feoktistova N.A., **Balabushevich N.G.**, Skirtach A.G.D. Volodkin D., Vikulina A.S. Inter-protein interactions govern protein loading into porous vaterite CaCO<sub>3</sub> crystals // Physical Chemistry Chemical Physics 2020. V. 22. P. 9713-9722 (**IF 3,567**, Q1).
7. Binevski P.V., **Balabushevich N.G.**, Uvarova V.I., Vikulina A.S., Volodkin D. Bio-friendly encapsulation of superoxide dismutase into vaterite CaCO<sub>3</sub> crystals: enzyme activity, release mechanism, and perspectives for ophthalmology // Colloids and Surfaces B: Biointerface 2019. V. 181. P. 437-449 (**IF 4,389**, Q1).
8. **Balabushevich N.G.**, Kovalenko E.A., Le-Deygen I.M., Filatova L.Y., Volodkin D., Vikulina A.S. Hybrid CaCO<sub>3</sub>-mucin crystals: effective approach for loading and controlled release of cationic drugs // Materials and Design 2019. V. 182. 108020. P. 1-12 (**IF 6,289**, Q1).
9. **Balabushevich N.G.**, Kovalenko E.A., Mikhalchik E.V., Filatova L.Y., Volodkin D., Vikulina A.S. Mucin adsorption on vaterite CaCO<sub>3</sub> microcrystals for the prediction of mucoadhesive properties // Journal of Colloid and Interface Science 2019. V. 545. P. 330-339 (**IF 7,489**, Q1).
10. Vikulina A.S., Feoktistova N.A., **Balabushevich N.G.**, Skirtach A.G., Volodkin D. The mechanism of catalase loading into porous vaterite CaCO<sub>3</sub> crystals by co-synthesis // Physical Chemistry Chemical Physics 2018. V. 20. P. 8822-8831 (**IF 3,567**, Q1).
11. **Balabushevich N.G.**, Lopez de Guereñu A.V., Feoktistova N.A., Skirtach A.G., Volodkin D. Protein-containing multilayer capsules by templating on mesoporous CaCO<sub>3</sub> particles: post- and pre-loading approaches // Macromolecular Bioscience 2016. V. 16. P. 95-105 (**IF 3,491**, Q1).
12. **Balabushevich N.G.**, Lopez de Guereñu A.V., Feoktistova N.A., Volodkin D.V. Protein loading into porous CaCO<sub>3</sub> microspheres: adsorption equilibrium and bioactivity retention // Physical Chemistry Chemical Physics 2015. V. 17(4). P. 2523-2530 (**IF 4,449**, Q1).
13. **Balabushevich N.G.**, Pechenkin M.A., Shibanova E.D., Volodkin D.V., Mikhalchik E.V. Multifunctional polyelectrolyte microparticles for oral insulin delivery // Macromolecular Bioscience 2013. V. 13(10). P. 1379-1388 (**IF 3,650**, Q1).
14. Larionova N.I., Zubaerova D.K., Guranda D.T., Pechyonkin M.A., **Balabushevich N.G.** Colorimetric assay of chitosan in presence of proteins and polyelectrolytes by using o-phthalaldehyde // Carbohydrate Polymers 2009. V. 75. P. 724-727 (**IF 3,167**, Q1).
15. **Balabushevich N.G.**, Sukhorukov G.B., Larionova N.I. Polyelectrolyte multilayer microspheres as carriers for bienzyme system: preparation and characterization // Macromolecular Rapid Communications 2005. V. 26(14). P. 1168-1172 (**IF 3,126**, Q1).

16. **Balabushevich N.G.**, Tiourina O.P., Volodkin D.V., Larionova N.I., Sukhorukov G.B. Loading the multilayer dextran sulfate/protamine microsized capsules with peroxidase // *Biomacromolecules* 2003. V. 4. P. 1191-1197 (IF 2,824, Q1).

17. **Balabushevich N.G.**, Sukhorukov G.B. Moroz N.A., Larionova N. I., Volodkin D.V., Donath E, Möhwald H. Encapsulation of proteins by layer-by-layer adsorption of polyelectrolytes onto protein aggregates: Factors regulating the protein release // *Biotechnology and Bioengineering* 2001. V. 76(3). P. 207-213 (IF 2,037, Q1).

*Статьи в журналах 2-го кварття*

18. Mikhailchik E., **Balabushevich N.**, Vakhrusheva T., Sokolov A., Baykova J., Rakitina D., Scherbakov P., Gusev S., Gusev A., Kharaeva Z., Bukato O., Pobeguts O. Mucin adsorbed by *E. coli* can affect neutrophil activation in vitro // *FEBS open bio* 2019. V. 10 (2). P. 180-196 (IF 2,231, Q2).

19. **Balabushevich N.G.**, Sholina E.A., Mikhailchik E.V., Filatova L.Y., Vikulina A. S., Volodkin D. Self-assembled mucin-containing microcarriers via hard templating on CaCO<sub>3</sub> crystals // *Micromachines* 2018. V. 9 (6). 307. P. 1-16 (IF 2,420, Q2).

20. **Балабушевич Н.Г.**, Печенкин М.А., Зоров И.Н., Шибанова Е.Д., Ларионова Н.И. Мукоадгезивные полиэлектролитные микрочастицы, содержащие рекомбинантный инсулин человека и его аналоги аспарт и лизпро // *Биохимия* 2011. Т. 76(3). С. 400-405 [**Balabushevich N.G.**, Pechenkin M.A., Zorov I.N., Shibanova E.D., Larionova N.I. Mucoadhesive polyelectrolyte microparticles containing recombinant human insulin and its analogs aspart and lispro // *Biochemistry (Moscow)* 2011. V. 76(3). P. 327-331] (IF 1,058, Q2).

21. **Balabushevich N.G.**, Larionova N.I. Protein-loaded microspheres prepared by sequential adsorption of dextran sulphate and protamine on melamine formaldehyde core // *Journal of Microencapsulation* 2009. V. 26(7). P. 571-579 (IF 1,89, Q2).

22. **Balabushevich N.G.**, Lebedeva O.V., Vinogradova O.I., Larionova N.I. Polyelectrolyte assembling for protein microencapsulation // *Journal of Drug Delivery Science and Technology* 2006. V. 16(4). P. 315-319 (IF 0,664, Q2).

23. Alexandrova V.A., **Balabushevich N.G.**, Bondarenko G.N., Domnina N.S., Larionova N.I. Water soluble chitosan conjugates with plant antioxidants and polyelectrolyte complexes on their basis // *Journal of Drug Delivery Science and Technology* 2006. V. 16(4). P. 279-283 (IF 0,664, Q2).

24. **Балабушевич Н.Г.**, Зимина Е.П., Ларионова Н.И. Включение каталазы в полиэлектролитные микросферы из меламинаформальдегида, декстрансульфата и протамина // *Биохимия* 2004. Т. 69(7). С. 937-944 [**Balabushevich N.G.**, Zimina E.P., Larionova N.I. Encapsulation of catalase in polyelectrolyte microspheres composed of melamine formaldehyde, dextran sulfate, and protamine // *Biochemistry (Moscow)* 2004. V. 69(7). P. 763-769] (IF 1,058, Q2).

25. **Балабушевич Н.Г.**, Ларионова Н.И. Получение и характеристика полиэлектролитных частиц с белком // *Биохимия* 2004. Т. 69(7). С. 930-936 [**Balabushevich N.G.**, Larionova N.I. Fabrication and characterization of polyelectrolyte microparticles with protein // *Biochemistry (Moscow)* 2004. V. 69(7). P. 757-762] (IF 1,170, Q2).

26. Володькин Д.В., **Балабушевич Н.Г.**, Сухоруков Г.Б., Ларионова Н.И. Включение белков в полиэлектролитные микрочастицы путем послойной адсорбции полиэлектролитов на агрегатах белка // *Биохимия* 2003. Т. 68(2). С. 283-283 [Volodkin D.V., **Balabushevich N.G.**, Sukhorukov G.B., Larionova N.I. Inclusion of proteins into polyelectrolyte microparticles by alternative adsorption of polyelectrolytes on protein aggregates // *Biochemistry (Moscow)* 2003. V. 68(2). P. 236-241] (IF 1,170, Q2).

27. Volodkin D.V., **Balabushevich N.G.**, Sukhorukov G.B., Larionova N.I. Model systems for controlled protein release: pH-sensitive polyelectrolyte microparticles // *S.T.P. Pharma sciences* 2003. V. 13(3). P. 163-170 (IF 0,508, Q2).

28. Larionova N.I., Volodkin D.V., **Balabushevich N.G.**, Sukhorukov G.B., Möhwald H. Microcapsules responsive to physiological pH fabricated by layer-by-layer adsorption of polyelectrolytes on protein aggregates // *Scientia Pharmaceutica* 2001. V. 69. P. 175-176 (IF 1,373, Q2).

29. Гладышева И.П., **Балабушевич Н.Г.**, Мороз Н.А., Ларионова Н.И. Выделение и характеристика соевого ингибитора типа Баумана-Бирк из различных источников // *Биохимия* 2000.

T.65(2). С. 238-244 [Gladysheva I., **Balabushevich N.**, Moroz N., Larionova N. Isolation and characterization of soybean Bowman-Birk inhibitor from different sources // Biochemistry (Moscow) 2000. V. 65(2). P. 198-203] (**IF 1,050**, Q2).

*Статьи в журналах 3 и 4-го квартала*

30. Mikhailchik E.V., Boychenko O.P., Moskalets A.P., Morozova O.V., Klinov D.V., Basyreva L.Y., Gusev S.A., Panasenko O.M., Filatova L.Y., **Balabushevich N.G.** Stimulation of neutrophil oxidative burst by calcium phosphate particles with adsorbed mucin // Russian Open Medical Journal 2021. V. 10(4). P. 1-6 (**IF 0,488**, Q4).
31. Киржанова Е.А., Печенкин М.А., Демина Н.Б., **Балабушевич Н.Г.** Микро- и наночастицы из альгината и хитозана для трансмукозальной доставки белка // Вестник Московского университета. Серия 2: Химия 2016. Т. 57(2). С. 103-111 [Kirzhanova E.A., Pechenkin M.A., Demina N.B., **Balabushevich N.G.** Alginate-chitosan micro- and nanoparticles for transmucosal delivery of proteins // Moscow University Chemistry Bulletin 2016. V. 71(2). P. 127-133] (**IF 0,157**, Q4).
32. Аверин П.С., Лопес де Гереню А.В., **Балабушевич Н.Г.** Полиэлектrolитные микро- и наночастицы с доxorубицином // Вестник Московского университета. Серия 2: Химия 2016. Т. 57(2). С.120-126 [Averin P.S., Lopes de Gerenyu A.V., **Balabushevich N.G.** Polyelectrolyte micro- and nanoparticles with doxorubicin // Moscow University Chemistry Bulletin 2016. V. 71(2). P. 140-145] (**IF 0,157**, Q4).
33. **Балабушевич Н.Г.**, Печенкин М.А., Лопес де Гереню А.В., Зоров И.Н., Михальчик Е.В., Ларионова Н.И. Послойная адсорбция биополиэлектrolитов как универсальный подход для получения микрочастиц с белками // Вестник Московского университета. Серия 2: Химия 2014. V. 55(3). С. 158-166 [**Balabushevich N.G.**, Pechenkin M.A., Lopes de Gerenyu A.V., Zorov I.N., Mikhailchik E.V., Larionova N.I. Layer by layer adsorption of biopolyelectrolytes as a universal approach to fabrication of protein loaded microparticles // Moscow University Chemistry Bulletin 2014. V. 69(3). P. 117-124] (**IF 0,202**, Q4).
34. **Балабушевич Н.Г.**, Борзенкова Н.В., Изумрудов В.А., Ларионова Н.И., Безбородова О.А., Немцова Е.Р., Якубовская Р.И. Полиэлектrolитные комплексы лактоферрина и pH чувствительные микрочастицы на их основе // Прикладная биохимия и микробиология 2014. V. 50(2). P. 232-240 [**Balabushevich N.G.**, Borzenkova N.V., Izumrudov V.A., Larionova N.I., Bezborodova O.A., Nemtsova E.R., Yakubovskaya R.I. Polyelectrolyte complexes of lactoferrin and pH sensitive microparticles on their basis // Applied Biochemistry and Microbiology 2014. V. 50(2). P. 206-213] (**IF 0,735**, Q4).
35. Печенкин М.А., **Балабушевич Н.Г.**, Зоров И.Н., Изумрудов В.А., Клячко Н.Л., Кабанов А.В., Ларионова Н.И. Использование ингибиторов протеаз в составе полиэлектrolитных микрочастиц для увеличения биодоступности капсулируемых белков при пероральном применении // Химико-фармацевтический журнал 2013. Т. 47(1). С. 49-56 [Pechenkin M.A., **Balabushevich N.G.**, Zorov I.N., Izumrudov V.A., Klyachko N.L., Kabanov A.V., Larionova N.I. Use of protease inhibitors in composite polyelectrolyte microparticles in order to increase the bioavailability of perorally administered encapsulated proteins // Pharmaceutical Chemistry Journal 2013. V. 47(1). P. 62-69] (**IF 0,300**, Q4).
36. **Балабушевич Н.Г.**, Изумрудов В.А., Ларионова Н.И. Белковые микрочастицы с контролируемой стабильностью, полученные послойной адсорбцией биополиэлектrolитов (Обзор) // Высокомолекулярные соединения. Серия А 2012, V. 54 (7), P. 1116-1130 [**Balabushevich N.G.**, Izumrudov V.A., Larionova N.I. Protein microparticles with controlled stability prepared via layer-by-layer adsorption of biopolyelectrolytes // Polymer Science. Series A 2012. V. 54(7). P. 540-551] (**IF 0,669**, Q3).
37. Pechenkin M.A., **Balabushevich N.G.**, Zorov I.N., Staroseltseva L.K., Mikhailchik E.V., Izumrudov V.A., Larionova N. I. Design in vitro and in vivo characterization of chitosan-dextran sulfate microparticles for oral delivery of insulin // Journal of Bioequivalence & Bioavailability 2011. V. 3(10). P. 244-250 (**IF 0,146**, Q3).
38. **Балабушевич Н.Г.**, Вихорева Г.А., Михальчик Е.В., Ларионова Н.И. Получение и свойства pH-чувствительных наноструктурированных полиэлектrolитных микрочастиц с инсулином // Вестник Московского университета. Серия 2: Химия 2010. Т. 51(3). С. 178-184 [**Balabushevich N.G.**, Vikhoreva G.A., E. V. Mikhail'chik E.V., Larionova N.I. Fabrication and properties of pH-sensitive nanostructured polyelectrolyte microparticles loaded with insulin // Moscow University Chemistry Bulletin 2010. T. 65(3). P. 148-153] (**IF 0,132**, Q4).

39. **Балабушевич Н.Г.**, Сухоруков Г.Б., Ларионова Н.И. Включение белков в полиэлектролитные микрокапсулы из декстрансульфата, протамина и меламинаформальдегида // Вестник Московского университета. Серия 2: Химия 2002. Т. 43(6). С. 374-377 (ч, Q4).

#### Патент

Патент РФ № 2300369, А61К9/50, 10.06.2007. Способ получения полиэлектролитных микрочастиц, содержащих инкапсулируемое вещество, чувствительных к изменению состава окружающей среды. Ларионова Н.И., **Балабушевич Н.Г.** [WO/2007/075118, 22.11.2006, PCT/RU2006/000621 Method for producing polyelectrolytic microparticles which contain an encapsulated substance and are sensitive to the environment composition change. Larionova N.I., **Balabushevich N.G.**]

На диссертацию и автореферат поступило 8 дополнительных отзывов, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обусловлен их высокой компетентностью и наличием публикаций в области биотехнологии.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором комплексных исследований иммобилизации белков с помощью техники послойной адсорбции полиэлектролитов с использованием наноструктурированных матриц разработано направление по капсулированию белковых препаратов, а также решена важная научно-практическая задача в области биотехнологии по получению мультислойных рН-чувствительных контейнеров для доставки белков или стабильных биореакторов с высоким сохранением активности ферментов.

В исследовании выявлены взаимосвязь строения наноструктурированных мультислойных микросистем, свойств полиэлектролитов и способа включения белка с проявлением биологической активности белковых препаратов. В работе впервые: получены с использованием высаливания и образования нерастворимых полиэлектролитных комплексов белка матрицы, пригодные для послойной адсорбции полиэлектролитов; применены белковые ингибиторы протеаз для создания мультислойных капсул и показано их защитное действие от протеолиза целевых белков; продемонстрировано *in vitro* и *in vivo* сочетанное воздействие мультифункциональных свойств полиэлектролитных микрочастиц на основные факторы, повышающие биодоступность белков при пероральной доставке; изучены различные способы иммобилизации в микрокапсулы лабильных ферментов для максимального сохранения их активности; исследованы свойства гибридных микросфер ватерита с муцином и их биосовместимость.

Предложенные в работе теоретические и экспериментальные подходы открыли возможности применения техники послойной адсорбции полиэлектролитов для микрокапсулирования белков и ферментов с высоким сохранением биологической активности. Результаты работы ускорили разработку мультислойных полиэлектролитных частиц с заранее заданными свойствами, перспективных для использования в химической энзимологии и биотехнологии (создание моно- и мультиферментных микрореакторов и белковых микроконтейнеров), в аналитической биохимии (разработка методов анализа, основанных на ферментативных реакциях в ограниченном объеме), в фармации (создание новых систем пролонгированной и направленной доставки лекарственных средств).

Работа выполнена на самом высоком научном (теоретическом, практическом, экспериментальном) уровне, обладает высокой актуальностью, несомненной научной новизной и имеет большое фундаментальное и практическое значение в области биотехнологии. Содержание диссертации соответствует критериям, определенным пп. 2.1 Положения о присуждении ученых степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова.

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. Применение новых эффективных подходов с использованием наноструктурированных

микроматриц и техники послойной адсорбции противоположно заряженных полиэлектролитов позволяет успешно капсулировать белки и ферменты с высоким сохранением биологической активности.

2. Физико-химические свойства белков, полимеров и матриц, состав и строение полиэлектролитных систем оказывают влияние на размер, стабильность и pH-чувствительность мультислойных микрочастиц, пролонгированное высвобождение белка.

3. Предложенная иммобилизация путем послойной адсорбции полиэлектролитов на микроматрицах, полученных высаливанием белка или образованием нерастворимых полиэлектролитных комплексов белка и последующей обработкой ультразвуком, является универсальным способом микро- и нанокапсулирования белков с различными физико-химическими свойствами, относящихся к различным классам.

4. Выявленные многофункциональные свойства мультислойных полиэлектролитных микрочастиц и дополнительное введение белковых ингибиторов протеаз обеспечивают повышение биодоступности капсулированных белков при пероральной (мукозальной) доставке.

5. Гипогликемическое действие мультислойных микрочастиц с инсулином, покрытых хитозаном, подтверждено при инъекционном и пероральном введении здоровым животным и животным с диабетом.

6. Иммобилизация белков в готовые мультислойные микрокапсулы позволяет получить высокоактивные мультиферментные системы. Предложенные эффективные и удобные пути включения белков в полиэлектролитные микрокапсулы, сформированные на основе наноструктурированных микросфер ватерита, позволяют достичь высокого содержания и максимального сохранения биологической активности pH-чувствительных белков и ферментов.

7. Природный биополимер муцин, являющийся основным компонентом всех слизистых, успешно использован в качестве полианиона при послойной адсорбции полиэлектролитов, в том числе для анализа мукоадгезивных свойств мультислойных частиц.

8. Наноструктурированные гибридные микросферы ватерита с муцином отличаются морфологией, более высоким включением и пролонгированным высвобождением положительно заряженных низкомолекулярных белков и БАВ, лучшими защитными свойствами для иммобилизованных ферментов, меньшим связыванием белков плазмы крови, отсутствием повреждения мембран эритроцитов и большей способностью стимулировать продукцию активных форм кислорода нейтрофилами по сравнению с контрольными микросферами ватерита.

На заседании 14 февраля 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Балабушевич Надежде Георгиевне ученую степень доктора химических наук по специальности 1.5.6 – «Биотехнология».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 7 докторов наук по специальности 1.5.6 – «Биотехнология», участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за 18, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета  
д.х.н., проф., член-корр. РАН

Варфоломеев С.Д.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
к.х.н.

Сакодынская И.К.

14 февраля 2023 года